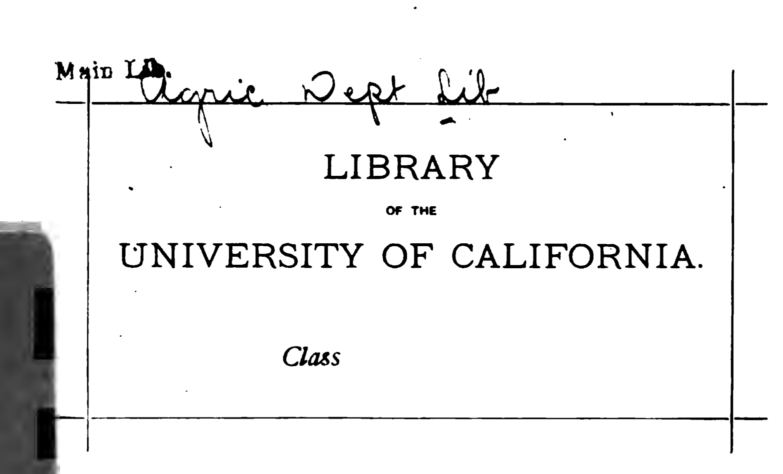
KULTURTECHNIK

Erster Band, erster Teil





GRUNDLEHREN

DER

KULTURTECHNIK.

Dritte Auflage,

unter Mitwirkung von

Prof. Dr. **M. Fleischer,** Geh. Ober-Reg.- und vortragendem Rat im Landwirtschafts-Ministerium zu Berlin, **P. Gerhardt,** Geh. Bau- und vortragendem Rat im Ministerium der öffentl. Arbeiten zu Berlin, Dr. **E. Gieseler,** Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Landw. Akademie zu Bonn-Poppelsdorf, Dr. **Th. Freiherrn v. d. Goltz,** Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Universität Bonn, Direktor der Landw. Akademie zu Bonn-Poppelsdorf, **M. Grantz,** Reg.- und Baurat, Prof. an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, **A. Hüser,** Oberlandmesser der Generalkommission zu Kassel, **H. Mahraun,** Reg.-Rat zu Kassel, **W. v. Schlebach,** Oberfinanzrat zu Stuttgart, Dr. **L. Wittmack,** Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Landw. Hochschule und der Universität zu Berlin,

herausgegeben von

Dr. Ch. August Vogler,

Geh. Regierungsrat, Professor an der Landw. Hochschule zu Berlin.



Erster Band, erster Teil.

Mit 170 Textabbildungen und 2 Tafeln.

BERLIN.

VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.

Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.

SW., Hedemannstrasse 10.

1903.



Aus dem

Vorwort zur ersten Auflage.

Es trifft sich gerade, dafs dieses Buch erscheint zur Zeit, da ein Mann von seinen Ämtern zurück und in den Ruhestand tritt, der sich um die Kulturtechnik grofse Verdienste erworben hat. Der Geheime Regierungsrat Herr Prof. Dr. Dünkelberg, bisher Direktor der Landwirtschaftlichen Akademie zu Poppelsdorf, ist es gewesen, der die Kulturtechnik in Preufsen in das akademische Studium eingefügt und dieses den Landmessern zugänglich gemacht hat, als denjenigen Technikern, welche vorzugsweise berufen erscheinen, Meliorationsanlagen für Landgemeinden und Genossenschaften auszuführen und als Vertrauensmänner und Ratgeber der Landbevölkerung den Sinn dafür zu wecken. Seit 1876 besteht in Poppelsdorf, seit 1883 auch an der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin ein kulturtechnischer Kursus, an dem die meisten daselbst studierenden Landmesser teilnehmen und dessen Besuch den Vermessungsbeamten der landwirtschaftlichen Verwaltung vorgeschrieben ist.

Dünkelbergs „Encyklopädie und Methodologie der Kulturtechnik" (2 Bände, Braunschweig bei Vieweg & Sohn) erschien 1883, ein weitgreifendes, grofs angelegtes Werk. Dafs daneben, vielleicht gerade durch dies Buch hervorgerufen, das Bedürfnis nach kulturtechnischer Belehrung in schlichter Form bestand, beweisen Schriften, wie das Bändchen der Thaerbibliothek: „Der Landwirt als Kulturingenieur" von Zaječek, Berlin 1892. Unsere „Grundlehren der Kulturtechnik", aus dem akademischen Unterricht an den genannten beiden Anstalten hervorgegangen und dem Bedürfnis des geodätisch vorgebildeten Studierenden möglichst angepafst, werden nach der Umrahmung ihres Stoffes *zwischen* jenen Werken stehen.

Die Kulturtechnik umfafst alle vermessungs- und bautechnischen sowie Verwaltungsmafsnahmen, welche darauf hinzielen, durch günstigere Verteilung des ländlichen Grundbesitzes und damit Hand in Hand durch günstigere Oberflächengestaltung, Herstellung besserer Verkehrsmittel, Verwertung des nutzbringenden Wassers, Abwehr schädlicher Gewässer den Betrieb der Landwirtschaft zu fördern und die Bodenerträge zu steigern.

Das Programm eines umfassenden kulturtechnischen Unterrichts neben dem Landmesserstudium steht hiernach fest. Es soll zunächst die natur-



wissenschaftlichen Grundlagen enthalten, welche die Einwirkung von Boden und Wasser auf den Pflanzenwuchs verstehen lehren. Daran schliefst sich die Wetterkunde und die Lehre vom Klima, sowie als unentbehrliche Einleitung zur Baukunde die Grundzüge der Mechanik fester Körper, sowie die Lehre vom Gleichgewicht und der Bewegung des Wassers. Dies der *naturwissenschaftliche Teil* des Programms. — Aus der Baukunde soll es den Erd-, Weg-, Brücken- und Wasserbau in dem Umfang geben, dafs alle ausschliefslich für landwirtschaftliche Zwecke herzustellenden Bauten eingehend zur Sprache kommen, aber der Blick auch auf Bauwerke für allgemeinere Interessen gelenkt wird, insofern sie von Einflufs auf die Bodenkultur sein können. Breiter Raum ist der Kulturtechnik im engeren Sinne, als der Lehre vom Beherrschen des Wassers im Interesse der Landwirtschaft, zu gewähren. Fügt man die Lehre vom Tracieren, d. h. von den Vorerhebungen, dem Entwerfen der Bauwerke und dem Abstecken der Entwürfe hinzu, so ist der *technische Teil* des Programms umgrenzt. — Ein letzter *kameralistischer Teil* hat die Rechts- und Gesetzeskunde, die Darlegung nationalökonomischer und betriebswirtschaftlicher Gesichtspunkte, sowie die Lehre vom Verwaltungsorganismus zu umfassen; alles in Bezug auf die Änderungen der Grundbesitz- und landwirtschaftlichen Nutzungsverhältnisse bei Meliorationen jeder Art.

Dem Leser wird alsbald auffallen, dafs im vorliegenden Buche der kameralistische Teil des Programms ganz fehlt und auch im naturwissenschaftlichen Teil einiges aus dem entwickelten Programm übergangen ist. Unsere „Grundlehren“ wollten aber in erster Linie das kulturtechnische Studium der angehenden preufsischen Landmesser fördern und mufsten daher vor allem diejenigen Stoffe berücksichtigen, welche noch nicht in genügend knapper, jedoch strenger Form in Einzelschriften lehrhaft behandelt sind. Damit ist nicht gesagt, dafs eine zusammenfassende Behandlung der fehlenden Abschnitte nicht auch sehr erwünscht wäre, aber in der gegebenen Zeit und dem verfügbaren Raum eines nicht allzu dickleibigen Bandes war vorerst mehr nicht zu leisten, als dargeboten wird.

Berlin, im März 1896.

Der Herausgeber.

Vorwort zur dritten Auflage.

Der erste Band dieses Buches ward 1898 neu aufgelegt und erscheint jetzt in dritter Auflage, in zwei getrennten Teilen, dem *naturwissenschaftlichen* und dem *technischen,* nachdem ihm 1899 als zweiter Band[1]) ein *kameralistischer* Teil gefolgt war. Was im Vorwort zur ersten Auflage als Programm eines *umfassenden kulturtechnischen Unterrichts neben dem Landmesserstudium* bezeichnet wird, das findet sich nun in den beiden Bänden behandelt, mit einziger Ausnahme der Wetterkunde nebst Lehre vom Klima; dieser Abschnitt wird jedoch durch eine Reihe von Einzelschriften entbehrlich gemacht, so neuestens durch Professor R. Börnsteins Leitfaden der Wetterkunde, Braunschweig 1901, ein Buch, das die Bedürfnisse der Landwirtschaft berücksichtigt.

Von den 6 Abschnitten des ersten Bandes ist keiner, der nicht bis zur dritten Auflage merklich angeschwollen wäre, teils weil ein inneres didaktisches Entwickelungsbedürfnis bestand, teils gemäfs äufserer Anregung. So trat in der zweiten Auflage die Einführung in die Bodenchemie, ein Kapitel über Eindeichung und Einpolderung und mehreres andere zu dem früher behandelten Stoff, ganz im Einklang mit dem ursprünglichen Plan und in strenger Deutung des Buchtitels *Grundlehren* der Kulturtechnik, wonach unser Werk in das Gesamtgebiet der Meliorationen, aber *von Grund aus* einführen soll, dort einsetzend, wohin die Schul- und praktischen Vorkenntnisse seiner Leser im allgemeinen nicht mehr reichen.

Im selben Sinne vermehrt sich jetzt der Stoff des dritten Abschnitts um die Lehre vom Gleichgewicht fester Körper und von der Elastizität und Festigkeit der Baumaterialien, und bringt ein Anhang zum 6. Abschnitt die Formelableitung für die Kubatur der Erdkörper.

Äufserer Anregung folgend, hat neuerdings der vierte Abschnitt sich um das Kapitel über ländliche Wasserleitungen vergröfsert und der zweite Abschnitt die Pflanzen systematisch behandelt, die zur Wertschätzung von Boden und Wasser dienen sollen und die bisher nur aufgezählt wurden.

Freilich hätte der Herausgeber, und der Herr Verfasser selbst, lieber gesehen, dafs dies möglich gewesen wäre, ohne den Umfang der „Botanik" zu verdoppeln. Vielleicht sprechen sich wohlwollende und kundige Fach-

[1]) II. Band. Kameralistischer Teil. Mit 18 Textabbildungen und 7 Tafeln. 1899. 462 S. Gebunden 13 Mark.



männer darüber aus, ob etwa künftig der botanische Stoff, den ein *Landwirt* sich wohl noch reichlicher bemessen wünschen möchte, für den *Kulturtechniker* doch wieder zu beschränken sei, und wäre es nur zu gunsten näherer Behandlung der torfbildenden Moose (Teil I, S. 101) oder jener Gewächse, die durch ihre starke Verdunstung entwässernd wirken (Teil II, S. 230), oder zu gunsten der Abbildung von minder bekannten, aber unzweifelhaft kulturtechnisch wichtigen Pflanzen. Unseren „Grundlehren" hat es an wohlwollender Kritik bisher nicht gefehlt, es sei auch jetzt wieder für manchen freundlichen Rat aufs beste gedankt. Möchte dies wertvolle Interesse nicht schwinden, aber auch nicht jeder gutgemeinte Rat auf eine Erweiterung des Umfanges der „Grundlehren" hinzielen.

Überblicken wir die einzelnen Abschnitte in Bezug auf ihren vorigen Bestand und ihren Zuwachs, sowie auf die Absichten ihrer Verfasser.

Die Bodenkunde von Herrn Prof. Dr. Moritz Fleischer, Geh. Oberregierungs- und vortragendem Rat im Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten, früher Direktor, jetzt Kurator der Moorversuchsstation zu Bremen, will einen möglichst klaren Einblick in die *chemischen* und *mechanischen* Vorgänge bei der Entstehung und fortwährenden Umbildung des Bodens, sowie in die *chemischen* und *physikalischen* Eigenschaften der verschiedenen Bodenarten geben.

Sie erörtert den Einflufs, den der Landwirt und Kulturtechniker auf die „bodenchemischen" Vorgänge und die Änderung der physikalischen Beschaffenheit des Bodens auszuüben vermag, läfst aber auch die *biologischen* Vorgänge im Boden nicht unberührt, deren Bedeutung für die Bodenumwandlung und für die Bodenfruchtbarkeit erst die neuere Wissenschaft klargelegt hat. Auf die *Mineralogie*, auf *Gesteins-* und *Formationslehre* Bezug zu nehmen, war schon aus dem äufseren Grunde erforderlich, weil zahlreiche tief eingebürgerte Benennungen von Bodenarten den Mineralien, Gesteinen und Formationen entnommen sind, die sich an ihrer Bildung beteiligt haben.

Durch eine noch eingehendere Besprechung des hochbedeutsamen Werkes der Preufsischen Geologischen Landesanstalt, der *„geognostisch agronomischen Kartierung"* des Flachlandes, ihres Zweckes und ihrer Darstellungsart hofft der Verfasser in der neuen Auflage eine weitere Anregung zum Verwerten dieser wichtigen, vom landwirtschaftlichen Praktiker wie vom Kulturtechniker noch viel zu wenig gekannten und gewürdigten Hilfsmittel gegeben zu haben.

Unter Berücksichtigung der von Tag zu Tag wachsenden Bedeutung der *Moorkultur* ist die Entstehung und das Verhalten der Moorböden eingehender behandelt worden, als es in den bisher erschienenen bodenkundlichen Werken geschehen ist. Dabei haben in der vorliegenden Auflage die auf Grund der neuesten Forschungen gewonnenen Anschauungen über

die Entstehung und botanische Zusammensetzung der verschiedenen Moorbodenarten gebührende Berücksichtigung erfahren.

Der zweite Abschnitt, **Botanik,** von Herrn Geheimen Regierungsrat Dr. Ludwig Wittmack, Professor an der Universität und der Landw. Hochschule zu Berlin, ist ganz neu bearbeitet und, wie oben schon erwähnt, bedeutend erweitert worden. Anlaſs hierzu gab besonders der in Rezensionen zur 2. Auflage geäuſserte Wunsch, die *bodenbestimmenden* Pflanzen eingehender berücksichtigt zu sehen. So sind denn nicht, wie früher, nur die Gräser und Kleegewächse behandelt, sondern drei umfangreiche Kapitel hinzugekommen, in denen in systematischer Reihenfolge die wichtigeren sonst noch auf der Wiese vorkommenden, sowie auch andere zur Bonitierung dienende Pflanzen besprochen sind. Alle aufzunehmen war nicht möglich, der vorgesehene Raum ward ohnehin überschritten.

Doch ergab sich dabei Gelegenheit, noch einem andern geäuſserten Wunsch nachzukommen und die wichtigsten *Wasserpflanzen* vorzuführen, mit denen der Kulturtechniker zu tun hat; so namentlich solche, die zur Verkrautung der Gräben beitragen. In manchen Fällen konnte angegeben werden, ob die betreffenden Pflanzen gutes Rieselwasser anzeigen.

Mehr Rücksicht als früher ist auch auf die *Pflanzengeographie* und das *Zusammenleben* der Pflanzen genommen. In den verschiedenen *Wiesentypen* drückt sich dies Zusammenleben eigenartig aus.

Endlich ist auch der Wunsch erfüllt worden, Tabellen über die *Erträge* der Wiesenpflanzen in dem Werk zu sehen.

Wie schon gesagt, hat der dritte Abschnitt, **Grundzüge der technischen Mechanik und Hydraulik,** von Herrn Dr. Eberhard Gieseler, Geh. Regierungsrat, Professor an der Landw. Akademie zu Bonn-Poppelsdorf, noch die Lehre vom Gleichgewicht fester Körper, sowie von der Elastizität und Festigkeit der Baustoffe aufgenommen. So ist daraus eine zwar knapp gefaſste, aber gerade darum klar übersehbare Einleitung in die Ingenieurmechanik geworden, und es dürfte denen, die Gieselers Grundzüge studiert haben, nicht schwer werden, etwa in Ritters Lehrbuch der technischen Mechanik einzudringen. Auch in den neu hinzugetretenen Kapiteln hat der Verfasser höhere Rechnungsarten vermieden, was den nicht stören wird, der ihrer mächtig ist, und den übrigen zu gute kommt.

Der Verfasser des vierten Abschnittes, **Baukunde,** Herr Reg.- und Baurat Max Grantz, Prof. an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, hat das praktische Bedürfnis des Kulturtechnikers in den Vordergrund stellen zu müssen geglaubt. An Skizzen hat er nicht gespart, damit der Studierende an ihrer Hand sich in die Bauformen hineinzudenken lernt und zunächst *entlehnend,* allmählich aber selbständiger und nur an das Hergebrachte sich *anlehnend,* kleinere Bauwerke zu entwerfen vermag. —

Es ist dem Verfasser besonders dafür zu danken, daſs er in einer Zeit groſser Arbeitslast die Abfassung des neuen Kapitels über ländliche Wasserleitungen auf sich nahm, nachdem eine gewichtige Stimme aus der Praxis ihn von dessen Nützlichkeit überzeugt hatte. — Einer strengen Durchsicht hat Verfasser sämtliche Figuren seines Abschnittes unterzogen und sie, wo es nötig schien, verändert oder ersetzt.

Auch der fünfte Abschnitt, **Kulturtechnik** im engeren Sinne, von Herrn Geh. Baurat Paul Gerhardt, vortragendem Rat im Ministerium der öffentl. Arbeiten zu Berlin, ist gründlich durchgesehen und stellenweise durch Erfahrungen und Erfindungen der letzten Jahre ergänzt worden. So ist die Mischkultur und die Anlage von Weiden auf Moorboden neu aufgenommen, und in Wort und Bild findet sich eine Reihe neuerdings bewährter Werkzeuge dargestellt: der Regenschreiber, Kuhnkes Kultivator, Belows Krautungsmesser, Funkes Untergrunddüngepflug, die Dandy-Telleregge, Laakes Wiesenegge, der Schleifteller für Drainröhren, des Verfassers Ausmündungskasten mit *einem* Seitengitter u. a. m.

In seinen eigenen, den letzten Abschnitt über **Tracieren,** konnte der Herausgeber ebenfalls einige neuere Geräte aufnehmen, insbesondere tachymetrische Auftragapparate. Die Erweiterung durch den erwähnten Anhang über Kubatur der Erdkörper wird manchem Leser willkommen sein.

Mit bestem Dank sei zum Schluſs des freundlichen Eifers gedacht, mit dem Herr Landmesser Otto Thie, z. Z. Assistent für Geodäsie an der Landw. Hochschule, zwei Lesungen der Korrekturbogen durchgeführt hat.

Berlin, Dezember 1902.

Der Herausgeber.

Inhalt.

Naturwissenschaftlicher Teil.

Erster Abschnitt.

Die Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage

von Prof. Dr. Moritz Fleischer,
Geh. Ober-Regierungs- und vortragendem Rat im Landwirtschafts-Ministerium zu Berlin.

Einleitung.

Einführung in die Bodenchemie.

Kapitel I.

Die Bestandteile der festen Erdrinde.

A. Die gesteinbildenden Mineralien, ihr chemischer Charakter und ihr chemisches Verhalten.



Kapitel I.

Monokotyledonen, Einkeimblättrige.

Kapitel II.

Dikotyledonen, Zweikeimblättrige.

Kapitel III.

Pflanzengeographisches über die Wiesen.

Kapitel IV.

Bau und Entwickelung der echten Gräser.

Kapitel V.

Systematik der Gräser und Verwandten.

Reihe oder Ordnung Glumiflorae, Spelzblütige.

1. Familie. Gramineae (Gramina), Gräser (Echte oder Süfsgräser).

Kapitel VI.

Bau, Entwickelung und Systematik der Hülsenfrüchte (Leguminosae.)

A. Bau und Entwickelung.

B. Systematik der Hülsenfrüchte.

Anhang.

Bonitierungspflanzen und Samenmischungen.

Dritter Abschnitt.

Grundzüge der technischen Mechanik und Hydraulik

von Dr. Eberhard Gieseler,
Geheimem Regierungsrat, Professor an der Landw. Akademie zu Bonn-Poppelsdorf.

Kapitel I.

Bewegung fester Körper und mechanische Arbeit.

Kapitel II.

Vom Gleichgewicht fester Körper.

Kapitel III.

Elastizität und Festigkeit der Baumaterialien.



Verzeichnis der Tafeln.

Berichtigungen und Zusätze.

S. 99 Zeile 20 v. o. statt verwesenden lies: **vermodernden.**
S. 101 „ 9 v. o. füge bei: **Sph. acutifolium.**
S. 105 „ 19 v. o. statt die im Salpeter lies: **nämlich in Salpeterstickstoff.**
S. 135 „ 5 v. u. nach sich füge bei: **nach von Wangenheim.**
S. 143 „ 1 v. o. statt Salpetersäure lies: **Salpetersäure-.**
S. 145 „ 7 v. u. statt auch lies: **aber.**
S. 154 „ 1 von Anm. 2 statt Hanemann lies: **Hanamann.**
S. 172 „ 18 v. u. statt Equisetum limosum, E. heleocharis lies: Equisetum limosum, **auch E. Heleocharis genannt.**
S. 173 zu den Zeichen füge bei: **∞ = viele.**
S. 184 Zeile 10 v. o. statt Feld-, Hainsimse lies: **Feld-Hainsimse.**
S. 185 „ 20 v. o. statt Narbe lies: **Narben.**
S. 266 „ 5 v. o. statt Ähren lies: **Ährchen.**
S. 267 „ 1 v. o. statt Paspáleum lies: **Páspalum.**
S. 269 „ 7 v. u. statt Anthoxanthum aristatum Puelii lies: **Anthoxanthum aristatum (A. Puelii).**
S. 273 in der Erklärung der Fig. 58 füge hinzu: ***e* ein verzweigtes Astchen der Scheinähre.**
S. 283 Zeile 1 v. o. bei Sieglingia füge hinzu: **benannt nach Prof. Siegling in Erfurt, Anfang des 19. Jahrh., der sich mit Botanik beschäftigte.**
S. 289 Zeile 5 v. o. füge hinzu: **Benthalm.**
S. 300 „ 17 u. 18 v. o. statt Seitliche Ährchen verkümmert. Keulenförmig lies: **Seitliche Ährchen verkümmert, keulenförmig.**
S. 302 Zeile 17 v. o. statt am Rande lies: **an den beiden Nerven (scheinbar am Rande).**
S. 308 Zeile 2 von unten statt Fig. 95 lies: **Fig. 94.**
S. 408, erste Tabelle, statt 0,470 lies unter $\delta = 100^0$ richtig $\zeta =$ **0,740.**

Naturwissenschaftlicher Teil.

ERSTER ABSCHNITT.

Die Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage.

EINLEITUNG.

§ 1.

Begriffsbestimmung. Unter *Boden* verstehen wir vom landwirtschaftlichen, forstlichen und kulturtechnischen Standpunkt aus die oberste Schicht der Erdrinde, soweit sie fähig ist, höhere Pflanzen hervorzubringen. Besitzt sie hierzu die nötigen Eigenschaften von Natur, so bezeichnet man sie als *Naturboden,* während die Benennung *Kulturboden* in den Fällen am Platz ist, wo menschliches Eingreifen jene Fähigkeit erst erzeugt oder auch nur gesteigert hat. Die Ausdrücke: *Wiesen-, Wald-, Ackerboden* beziehen sich zunächst zwar nur auf die augenblickliche Benutzungsweise eines Bodens, sollen aber nicht selten auch den Zweck bezeichnen, zu dem er seiner *natürlichen Beschaffenheit* nach sich am besten eignet. Bei Ackerböden pflegt man noch zwischen „Ackerkrume" und „Untergrund" zu unterscheiden und versteht dann unter jener die obere Bodenschicht, soweit sie mit den gewöhnlichen Ackerwerkzeugen bearbeitet und gedüngt wird, unter diesem die unmittelbar darauffolgenden, dem Pflanzenwuchs noch als Nährstoffquelle und namentlich als Wasserreservoir dienenden Schichten.[1])

Die Fähigkeit einer Erdschicht, höhere Pflanzen hervorzubringen, ist an gewisse Vorbedingungen geknüpft. Sie verdient im landwirtschaftlichen und forstlichen Sinne nur dann die Bezeichnung „Boden", wenn sie so locker, lose, „erdig" ist, dafs die Pflanzenwurzel in sie eindringen kann.

---

[1]) Etwas abweichend von dieser Unterscheidung wird auf den Bodenkarten der Preufsischen Geologischen Landesanstalt als „Oberkrume" die Oberflächenschicht bezeichnet, die unter dem Einflufs der natürlichen Verwitterungsagentien (s. u.) eine wesentliche Veränderung erlitten hat und von der die „Ackerkrume" meist nur einen Teil bildet, als „Untergrund" dagegen und weiterhin als „tieferer Untergrund" die dem gleichen Gestein angehörige, aber von der Verwitterung nicht oder doch weit weniger berührte Schicht.

Da ferner alle Pflanzen darauf angewiesen sind, eine gröfsere Anzahl zum Aufbau ihres Leibes notwendiger Stoffe durch die Wurzeln aufzunehmen, so müssen die letzteren jene im Boden vorfinden und zwar in einer Form, in der sie von ihnen aufgesaugt werden können. Beide Bedingungen erfüllt das harte Gestein, das früher die äufserste Rinde der Erde bildete, nicht. Mannigfaltige, teils mechanische, teils chemische, teils biologische Vorgänge mufsten in Wirkung treten, um ihren Zusammenhang zu lockern, ihre Bestandteile in Pflanzennahrung umzuwandeln. Je nach der Beschaffenheit des Muttergesteins, je nachdem diese oder jene Kräfte in ihrer Wirkung überwogen, entstanden die mannigfaltigen Bodenarten, deren Verschiedenartigkeit deutlich genug in ihrem verschiedenen Verhalten zur Pflanzenwelt sich ausspricht. Dieselben Kräfte aber, die die Umwandlung der starren Erdrinde herbeiführten, wirken in dem bereits gebildeten Boden unablässig fort, ihn nach dieser oder jener Richtung hin verändernd, und weitere Umwandlungen werden veranlafst durch das Eingreifen menschlicher Tätigkeit, darauf gerichtet, die Eigenschaften des Bodens durch geeignete Mafsnahmen für den Pflanzenwuchs immer günstiger zu gestalten. Die Kenntnis aller dieser Dinge fällt in das Gebiet der *Bodenkunde,* wir bezeichnen sie daher als die *Wissenschaft von der Entstehung des Bodens, von den Umwandlungen, die er durch die Naturkräfte und durch menschliches Eingreifen erfährt, und von seinen für den Pflanzenwuchs wichtigen Eigenschaften.*

§ 2.

Die Bildung der Erdrinde. Die Oberfläche unserer Erde ist nicht nur in ihrer äufseren Gestaltung, im Verhältnis zwischen Berg und Tal, zwischen Festland und Wasser, sondern auch hinsichtlich des Gefüges und der Zusammensetzung der festen Erdrinde und damit ihres Verhaltens zum Leben von Pflanze und Tier in immerwährender Wandlung begriffen. Hat schon die kurze Zeitspanne, in der man von einem wissenschaftlichen Erfassen der Naturvorgänge reden kann, genügt, um diese Tatsache festzustellen, so erscheint der Schlufs nicht unberechtigt, dafs im Beginn des unermefslichen Zeitabschnittes, in dem die Ausgestaltung unseres Planeten sich vollzog, sein Antlitz und seine innere Beschaffenheit von dem jetzigen Zustand wesentlich verschieden war. Und in der Tat führt der astronomische Vergleich der Erde mit anderen Weltkörpern, die genaue Bestimmung ihrer Gestalt, die geologische und physikalische Erforschung des Erdinnern zu der fast unabweislichen Anschauung, dafs sie einst ein feurig-flüssiger Ball gewesen ist, dessen Oberfläche sich allmählich abkühlte und zu einer an Stärke immer mehr zunehmenden festen Rinde von wahrscheinlich sehr gleichmäfsiger Beschaffenheit sich verdichtete. Die durch weitere Abkühlung hervorgerufene ungleichmäfsige Zusammenziehung des Erdkerns und der Erdrinde im Verein mit den im Innern eingeschlossenen

Gasen riefen später Druckwirkungen hervor, die sich in Erhebungen und Senkungen („Faltungen") der Oberflächenschicht äufserten und stellenweise zu einem Zerreifsen der letzteren und zum Hervordringen der noch flüssigen Massen des Erdinnern führten. Erlitt schon hierdurch die gleichmäfsige Zusammensetzung der Oberflächenschicht eine Störung, so wurden die entstandenen *Niveauunterschiede* die Veranlassung zur Scheidung von dem in frühester Zeit den Erdball gleichmäfsig bedeckenden Wasser und dem festen Land und weiterhin zu zwar allmählich erfolgenden, aber tief eingreifenden Umgestaltungen der ursprünglichen Gesteinsmasse. Sie ermöglichten es dem der Tiefe zustrebenden Wasser, seine grofsartige Zerstörungstätigkeit auf die Gesteine auszuüben. Der Gewalt seines Stofses, dem unablässigen Nagen des fallenden Tropfens, dem gewaltigen Druck des in den Rissen sich bildenden Eises widersteht auf die Dauer nicht das festeste Gestein. Des Zusammenhanges mit dem Muttergestein beraubt, durch ihre eigene Schwere, vom Eise der Gletscher, vom reifsenden Gebirgswasser fortgeführt, dabei durch gegenseitige Reibung zu immer feineren Teilchen zermahlen und durch die chemische Wirkung von Wasser, Kohlensäure und Sauerstoff in ihrer Zusammensetzung immer mehr verändert, wurden die Zerstörungsprodukte je nach ihrer Gröfse und Schwere bald früher, bald später an tieferen Stellen abgesetzt und bilden hier, das ursprüngliche Gestein bedeckend, meist *schichtenförmige*, allmählich wieder zu kompaktem Gestein erhärtende Ablagerungen, die in ihrer Zusammensetzung wie in ihrem inneren Gefüge untereinander und von ihrem Muttergestein sich wesentlich unterscheiden.

§ 3.

Geologische Perioden und Formationen. Nach der Aufeinanderfolge der Vorgänge, die die jetzige Gestaltung der Erdoberfläche herbeigeführt haben, und die sich namentlich an den von den verschiedenen Gesteinen eingeschlossenen tierischen und pflanzlichen Überresten („Leitfossilien") verfolgen lassen, unterscheidet man in der Entwickelungsgeschichte der Erde verschiedene „Geologische Perioden". Jede geologische Periode umschliefst die Bildung einer Anzahl von scharf voneinander zu sondernden Gesteinsschichten-Gruppen, die man „Geologische Formationen" nennt. Viele davon sind nach ihrer Bildung nochmals durch glutflüssige Massen des Erdinnern durchbrochen worden, die die „Eruptivgesteine" bildeten und das durchbrochene Gestein an den Berührungsflächen nicht selten wesentlich veränderten. Im folgenden sind die von der Geologie augenblicklich angenommenen geologischen Perioden und Formationen übersichtlich geordnet, und Angaben über die wichtigsten Gesteinsarten[1]) der letzteren beigefügt worden.

[1]) Näheres über die Gesteine selbst findet sich in Kapitel I.

I. Zeitalter: ***Die Urzeit der Erde*** (Archäische oder primitive Periode).

Von lebenden Wesen waren nur die niedersten Organismen vorhanden.

1. *Laurentinische Formation:* Urgneifsgebirge (Gneifs, stellenweise übergehend in Granit).
2. *Huronische Formation:* Urschiefergebirge (Glimmerschiefer, Tonschiefer).

II. Zeitalter: ***Das Altertum der Erde*** (Paläozoische Periode).

Auftreten der ersten höheren Lebewesen.

1. *Silurische Formation* (Gliederlose Tiere, Tange): Grauwacke, Tonschiefer, Quarzite, Kalke.
2. *Devonische Formation* (Fische, Gefäfskryptogamen): Grauwacke, Kalke, Sandsteine.
3. *Steinkohlen-Formation* (Erste Amphibien, Kohlenpflanzen): Kalke, Sandsteine, Schieferton, Kohlenflöze.
4. *Dyas- oder Permische Formation* (Fische, Amphibien, Reptile, Farne):
   a) Rotliegendes: Konglomerate, Sandstein, Letten.
   b) Zechsteinformation: Kalkstein, Gips, Steinsalz, Kupferschiefer.

III. Zeitalter: ***Das Mittelalter der Erde*** (Mesozoische Periode).

(Neben den früher genannten Organismen: Saurier, die ersten Säugetiere und Vögel, Koniferen, Cykadeen.)

1. *Trias-Formation* (oder Salzgebirge) (Froschsaurier, die ersten Ammoniten, Vögel und Säugetiere):
   a) Buntsandstein-Formation: Sandsteine, Tone, Mergel, Gips, Steinsalz.
   b) Muschelkalk-Formation: Kalkstein, Dolomit, Gips, Steinsalz.
   c) Keuper-Formation: Bunte Mergel, Gips, Sandstein, schiefrige Letten [„Lettenkohle“].
2. *Jura-Formation* („Oolithengebirge“) (Ammoniten, Belemniten, Fisch- und Flugsaurier), (Kryptogamen, Koniferen, Cykadeen, die ersten Laubhölzer):
   a) Lias oder schwarzer Jura: Bituminöse Schiefer, Kalksteine, Sandsteine.
   b) Brauner oder mittlerer Jura: Sandsteine, dunkle Tone, Eisenerze.
   c) Weifser oder oberer Jura: Helle Kalke, Mergel.
   d) (Nur stellenweise vorkommend) Wealden-Formation: Kalkstein, Sandstein, Ton (bisweilen Kohlen).
3. *Kreide-Formation* („Quadersandsteingebirge“): Sandstein („Grünsandstein“), Kalksteine („Plänerkalk“, Kreide).

IV. Zeitalter: ***Die Neuzeit der Erde*** (Känozoische Periode).
(Säugetiere, Mensch — zahlreiche Laubhölzer.)

1. *Ältere Tertiär-Formation* („Älteres Braunkohlengebirge"):
   a) Eocän: Kalke, Tone.
   b) Oligocän: Gips, Tone, Braunkohlen, Sandstein (Molasse).
2. *Jüngere Tertiär-Formation* („Jüngeres Braunkohlengebirge"):
   a) Miocän: Kalke, Sandstein (Molasse).
   b) Pliocän: Schotter, Gerölle, Sand.
3. *Quartär-Formation* („Aufgeschobenes Gebirge" und Schwemmland):
   a) Diluvium (Erste Spuren des Menschen in Europa): Zum Teil Gletscher-Geschiebe („Erratische Blöcke") und deren mannigfach veränderte, aber meist kalkhaltige Abkömmlinge, zum Teil Ablagerungen der damaligen Flufsläufe. Im norddeutschen Flachlande unterscheidet man:[1]
      α) Unteres Diluvium: Wechsellagernde Schichten von Sand und geschiebeführendem und geschiebefreiem Mergel.

[1] Die Gliederung des Diluviums in unteres, oberes und Taldiluvium entspricht der bei der geognostisch-agronomischen Bodenkartierung (s. Kap. III A) innegehaltenen Unterscheidung. Die neuere Forschung teilt die dem Diluvium Norddeutschlands angehörigen Gebilde in folgende Gruppen:

In den geologisch-agronomischen Karten bezeichnet als		
Unteres Diluvium	1. Produkte der ersten Eiszeit (s. Kap. II):	Grande, Sande, Tone, Geschiebemergel, Grande, Sande, Tone.
	2. Produkte der ersten Interglacialzeit:	Sande, Grande, Wiesenkalke, Kalktuffe, Tone, Moorbildungen, Diatomeenerde und andere Reste pflanzlichen und tierischen Lebens.
	3. Produkte der zweiten (Haupt-) Eiszeit: 4. Produkte der zweiten Interglacialzeit:	Die gleichen wie bei der ersten Eiszeit und Interglacialzeit.
Oberes Diluvium	5. Produkte der letzten Eiszeit:	Geschiebemergel, Endmoränen, Grande, Sande, Tone.
	6. Produkte der Abschmelzperiode der letzten Eiszeit:	Höhendiluvium: Geschiebesand, Decksand, Deckton. Taldiluvium (gleichaltrig mit dem Höhendiluvium): Talsand, Talton.

β) Oberes Diluvium: Nebeneinander auftretender Mergel, Lehm, Ton, Sand, Grand.

γ) Taldiluvium (früher „Altalluvium"): Die aus dem oberen Diluvium stammenden, von diluvialen Strömen auf Plateaus oder in den Niederungen abgesetzten, steinfreien, ganz horizontalen Sandablagerungen („Talsande", manchmal auch als „Heidesand" bezeichnet).

b) Alluvium: Neue, noch jetzt entstehende Bildungen des Süfswassers, des Windes („äolische") und des pflanzlichen und tierischen Lebens; Flufssand und Geröll, Ton, Lehm, Moorbildungen, Wiesenkalk, Kieselgur, Flugsand.



EINFÜHRUNG IN DIE BODENCHEMIE.

§ 4.

Zusammengesetzte und einfache Körper. Ein an feuchter Luft liegendes Stück metallisches Eisen erleidet bald eine auffällige Veränderung seiner stofflichen Beschaffenheit, es nimmt eine rotbraune Farbe an und geht allmählich vollständig in eine rotbraune, leicht zerreibliche Masse über, die unter dem Namen „Eisenrost" bekannt ist. Der Eisenrost hat ein gröfseres Gewicht als das Eisen, woraus er hervorging. Bei seiner Umwandlung in Eisenrost mufs also das Eisen aus der feuchten Luft etwas aufgenommen haben.

In der Tat gelingt es der chemischen Untersuchung, nachzuweisen, dafs der Eisenrost neben Eisen noch zwei Körper enthält, die im freien Zustande luftförmig sind. Der eine, ein farbloses, geruch- und geschmackloses Gas, besitzt die Fähigkeit, einen hineingebrachten nur glimmenden Span wieder zu entflammen. Er wird *Sauerstoff* genannt. Der andere, äufserlich nicht vom Sauerstoff verschieden, ist nicht imstande, den Verbrennungsprozefs zu unterhalten oder gar lebhafter zu gestalten. Dagegen ist er selbst brennbar. Er heifst *Wasserstoff*. Der Eisenrost ist also ein zusammengesetzter Körper, er besteht aus Eisen, Sauerstoff und Wasserstoff. Die Eigenschaften dieser Stoffe treten im Eisenrost nicht mehr hervor. Es ist eine *chemische Verbindung*, Eisen, Sauerstoff und Wasserstoff sind seine *chemischen Bestandteile*.

Wird Kalkstein im Kalkofen stark erhitzt, so tritt gleichfalls eine erhebliche stoffliche Veränderung ein. Der feste Stein verwandelt sich in eine mürbe Masse von laugenhaftem Geschmack und eigentümlichem Verhalten gegen Wasser. Der „gebrannte" Kalk besitzt ein *geringeres* Gewicht als der Kalkstein, der ihn lieferte. Beim Erhitzen des Kalksteins ist also etwas aus ihm entwichen. Durch geeignete Mafsnahmen kann man den beim „Kalkbrennen" sich absondernden Stoff auffangen. Er ist ein luftförmiger Körper, äufserlich von der atmosphärischen Luft, dem Sauerstoff und dem Wasserstoff nicht verschieden, aber weit schwerer als alle diese Luftarten, nicht brennbar und nicht fähig, den Verbrennungsprozefs zu unterhalten. Ein hineingebrachter brennender Span erlischt augenblicklich.

Man nannte dieses Gas früher Kohlensäure, jetzt *Kohlendioxyd*.

Der Kalkstein ist also ein zusammengesetzter Körper, er spaltet sich beim Erhitzen in *Kalk* und *Kohlendioxyd.* Aber auch diese beiden Körper sind zusammengesetzt. Der gebrannte Kalk läfst sich in zwei Körper von ganz anderen Eigenschaften, nämlich in *Sauerstoff* und ein gelbes, zähes, hämmerbares Metall, genannt *Calcium*, zerlegen. Letzteres ist brennbar und wandelt sich beim Verbrennen durch Aufnahme von Sauerstoff wieder in gebrannten Kalk (Calciumoxyd) um. Auch das Kohlendioxyd kann man noch weiter spalten, in *Sauerstoff* und einen festen Körper, der den Namen *Kohlenstoff* trägt, brennbar ist und beim Verbrennen Kohlendioxyd liefert.

Somit gelingt es, durch eine Zerlegung oder eine „chemische Analyse" aus dem Kalkstein drei ganz verschiedenartige Körper: Calcium, Kohlenstoff und Sauerstoff abzusondern. Der Kalkstein ist eine *chemische Verbindung,* seine *chemischen Bestandteile* sind Calcium, Kohlenstoff und Sauerstoff.

Schon diese Erörterungen lassen erkennen, dafs die chemischen Verbindungen wesentlich verschieden sind von den *Mischungen* oder *Gemengen.* In diesen kann man die Mischungsbestandteile allermeist schon mit dem blofsen oder dem verschärften Auge erkennen, in ihnen finden sich die Eigenschaften der Gemengteile wieder, und sie lassen sich durch mechanische Mittel leicht zerlegen. Eine chemische Verbindung bildet dagegen eine in sich ganz gleichartige Masse, die Eigenschaften ihrer chemischen Bestandteile sind in ihr nicht mehr wahrzunehmen, sie treten erst wieder hervor, wenn die Verbindung chemisch zersetzt wird.

Die Körper Eisen, Calcium, Kohlenstoff, Sauerstoff noch weiter zu zerlegen, ist bis jetzt nicht gelungen. Nach dem augenblicklichen Stande unseres Wissens müssen wir sie als einfache Körper ansehen. Auch bei der Analyse der zahlreichen übrigen in der Natur vorkommenden chemischen Verbindungen gelangt man schliefslich zu Körpern, die allen Bestrebungen, sie weiter zu spalten oder etwas Andersartiges von ihnen abzutrennen, widerstehen. Man nennt sie daher *Einfache Körper,* auch *Grundstoffe* oder *Elemente.* Derartiger Stoffe kennt man augenblicklich über 70.[1]) Sie finden sich in der Tabelle auf Seite 11 verzeichnet.

[1]) Ob damit die Zahl der einfachen Körper abgeschlossen ist, erscheint sehr fraglich gegenüber der Tatsache, dafs ein nicht unbeträchtlicher Teil der jetzt bekannten Elemente erst durch die verschärften Untersuchungsmethoden der neueren Zeit aufgefunden wurde. Auf der anderen Seite ist es nicht ausgeschlossen, dafs es in Zukunft gelingen wird, Körper, die wir augenblicklich als Elemente ansehen, noch weiter zu zerlegen. (Ja eine grofse Anzahl neuerer Erfahrungen macht es wenigstens nicht unwahrscheinlich, dafs alle oder fast alle sogenannten chemischen Elemente auf einen oder mehrere Urstoffe zurückzuführen sind.)

Zusammenstellung der augenblicklich bekannten Elemente mit Angabe ihres Zeichens („Symbols"),[1] ihres Atomgewichtes[1]) und ihrer Wertigkeit.[1])

Name der Elemente	Zeichen	Atomgewicht	Wertigkeit	Name der Elemente	Zeichen	Atomgewicht	Wertigkeit
a) Nichtmetalle oder Metalloide.				Germanium	Ge	72	
				Gold (Aurum)	Au	196,7	1, 3
Antimon (Stibium)	Sb	119,6	3, 5	Indium	In	113,4	3
Argon	Ar	40	?	Iridium	Ir	192,3	2, 4, 6
Arsen	As	74,9	3, 5	Kalium	K	39,04	1
Bor	B	10,9	3	Kobalt (Cobaltum)	Co	59,6	2, 4
Brom	Br	79,76	1, 3, 5, 7	Kupfer (Cuprum)	Cu	63,3	2
Chlor	Cl	35,37	1, 3, 5, 7	Lanthan	La	138,0	4
Fluor	Fl	19,0	1	Lithium	Li	7,01	1
Helium	He	4	?	Magnesium	Mg	24,3	2
Jod	J	126,54	1, 3, 5, 7	Mangan	Mn	54,8	2, 4, 6, 7
Kohlenstoff (Carbo, Carboneum)	C	11,97	4	Molybdän	Mo	95,8	6
				Natrium	Na	22.99	1
Krypton	Kr	81	?	Neodym	Nd	143	3
Neon	Ne	20	?	Nickel	Ni	58,6	2, 4
Phosphor	P	30,96	3, 5	Niob	Nb	93	5
Sauerstoff (Oxygenium)	O	15,96	2	Osmium	Os	189,5	2, 4, 6, 8
				Palladium	Pd	106,2	2, 4, 6
Schwefel (Sulfur)	S	31,98	2, 4, 6	Platin	Pt	194,3	2, 4, 6
Selen	Se	78,9	2, 4, 6	Praseodym	Pr	139	3
Silicium	Si	28,3	4	Quecksilber (Hydrargyrum)	Hg	199,8	2
Tellur	Te	126,7	2, 4, 6				
Stickstoff (Nitrogenium)	N	14,01	3, 5	Rhodium	Rh	104,1	2, 4, 6
				Rubidium	Rb	85,2	1
Wasserstoff (Hydrogenium)	H	1	1	Ruthenium	Ru	103,6	2, 4, 6, 8
Wismut (Bismuthum)	Bi	208,4	3, 5	Samarium	Sa	149	3
				Scandium	Sc	44,0	
Xenon	Xe	127	?	Silber (Argentum)	Ag	107.66	1
				Strontium	Sr	87,3	2
b) Metalle.				Tantal	Ta	182,0	5
Aluminium	Al	27,0	4	Terbium	Tb	159	
Baryum	Ba	136,8	2	Thallium	Tl	202,6	1, 3
Beryllium	Be	9,0	2	Thorium	Th	231	4
Blei (Plumbum)	Pb	206,4	2, 4	Thulium	Tu	169	?
Cadmium	Cd	111,7	2	Titan	Ti	48,0	4
Cäsium	Cs	132,5	1	Uran	U	239,8	4, 6
Calcium	Ca	39,9	2	Vanadin	V	51	3, 5
Cer	Ce	140,0	4	Wolfram	Wo	183,6	6
Chrom	Cr	52,0	4, 6	Ytterbium	Yb	172	
Eisen (Ferrum)	Fe	55,9	2, 4, 6	Yttrium	Y	88	4
Erbium	Er	165	2	Zink	Zn	65,1	2
Gadolinium	Gd	156	?	Zinn (Stannum)	Sn	118	4
Gallium	Ga	69,8	4	Zirkonium	Zr	90	4

[1]) Die Erklärung dieser Bezeichnung s. u.

Die Elemente Chlor, Fluor, Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, ferner von den selteneren Argon, Helium, Krypton, Neon und Xenon sind unter gewöhnlichen Verhältnissen luftförmige Körper (Gase), Brom und Quecksilber sind Flüssigkeiten, alle übrigen Elemente feste Körper.

Um die Übersicht zu erleichtern, teilt man die Elemente gewöhnlich in zwei Klassen, in *Metalle* und *Nichtmetalle* oder „Metalloide".[1]) Die Metalle zeigen „Metallglanz" und sind gute Leiter für Wärme und Elektrizität, Eigenschaften, die den Nichtmetallen abgehen oder doch in geringerem Grade innewohnen. Die Nichtmetalle gehen mit Wasserstoff weit leichter als die Metalle Verbindungen ein, und diese sind in der Regel gasförmige Körper. Ihre Sauerstoffverbindungen bilden mit Wasser allermeist zusammengesetzte Körper von saurem Charakter (Säuren, s. u.).

§ 5.

Atom, Molekul, Atomgewicht, Molekulargewicht. Lassen sich die Körper, die wir als Elemente bezeichnen, mit den uns bekannten Hilfsmitteln auch nicht in *verschiedenartige* Stoffe zerlegen, so kann man sie doch durch mechanische Mittel in kleinere *gleichartige* Teile spalten. Aller Wahrscheinlichkeit nach erreicht aber die Teilbarkeit schliefslich eine Grenze. Nach unserer heutigen („atomistischen") Anschauung bestehen die Elemente aus sehr kleinen (aber nicht etwa unendlich kleinen) Teilchen, die sich durchaus nicht weiter zerlegen lassen und daher *Atome* (von ἄτομος = unteilbar) genannt werden. Sie besitzen ein bestimmtes unveränderliches Gewicht, eine bestimmte Gröfse und alle für das Element charakteristischen Eigenschaften. Jedes Element besteht aus gleichartigen, gleich grofsen und gleich schweren Atomen, die Atome verschiedener Elemente sind verschiedenartig, verschieden grofs und verschieden schwer. Das *absolute* Gewicht der verschiedenen Atome kennen wir nicht, wohl aber kann man bestimmen, wievielmal schwerer das Atom irgend eines Elementes ist als das eines andern. So wissen wir z. B., dafs ein Atom Sauerstoff 15,96 (rund 16) mal, ein Atom Kohlenstoff 11,97 (rund 12) mal,

---

[1]) Die Einteilung der Elemente in Metalle und Nichtmetalle ist die althergebrachte, und sie genügt für die Zwecke dieses Buches. Es darf aber nicht verschwiegen werden, dafs eine scharfe Grenze zwischen beiden Klassen sich nicht ziehen läfst. Manche Elemente, die wir ihren äufseren Eigenschaften nach zu den Metallen rechnen müfsten, und die in den Lehrbüchern der Mineralogie auch den Metallen zugesellt werden, z. B. das Arsen, Antimon, Wismut, stehen in ihrem chemischen Verhalten dem Stickstoff und Phosphor so nahe, dafs man vom chemischen Standpunkte aus sie in die Klasse der Nichtmetalle verweisen mufs. Die neuere Chemie hat das alte Einteilungsprinzip fallen lassen. Sie ordnet die Elemente nach gewissen Eigenschaften, die mit der Gröfse des Atomgewichts (s. u.) in enger Beziehung zu stehen scheinen („Natürliches" oder „Periodisches" System).

ein Atom Eisen 55,9 (rund 56) mal schwerer ist als ein Atom Wasserstoff. Da das Wasserstoffatom von allen bekannten Atomen das geringste Gewicht besitzt, so bezieht man das Gewicht aller übrigen Atome auf das des Wasserstoffatoms als Einheit. Man setzt das Gewicht eines Wasserstoffatoms gleich 1, dann wird das Gewicht des 15,96 mal schwereren Sauerstoffatoms durch die Zahl 15,96, das des Kohlenstoffatoms durch die Zahl 11,97, das des Eisenatoms durch die Zahl 55,9 ausgedrückt. Diese Zahlen nennt man schlechtweg *Atomgewichte.*[1])

Die Atomgewichte der einzelnen Elemente sind auf der Übersichtstabelle (S. 11) angegeben.

Vereinigt sich ein Element mit einem anderen, so lagert sich nach der atomistischen Anschauung im einfachsten Falle immer ein Atom des einen mit einem Atom des andern Elementes aneinander. So tritt bei Vereinigung des Calciums mit Sauerstoff immer ein Atom Calcium mit einem Atom Sauerstoff zu einer Atomengruppe Calciumoxyd (s. o.) zusammen. Es können aber auch ein Atom eines Elementes mit zwei oder mehr, und ferner mehrere Atome eines Elementes mit mehreren Atomen eines anderen Elementes, und endlich ein oder mehrere Atome von mehr als zwei Elementen sich aneinander lagern. So besteht z. B. Kohlendioxyd (s. o.) aus Atomgruppen, deren jede 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atome Sauerstoff, das Eisenoxyd aus Atomgruppen, deren jede 2 Atome Eisen und 3 Atome Sauerstoff, der Eisenrost aus Atomgruppen, deren jede 2 Atome Eisen, 6 Atome Sauerstoff und 6 Atome Wasserstoff enthält.

Diese Atomgruppen bezeichnet man als *Molekule* (von molecula = sehr kleine Masse). Sie bilden die kleinsten, als solche nicht mehr zerlegbaren Teilchen einer chemischen Verbindung. Jede chemische Verbindung besteht aus lauter gleichartigen Molekulen; das Gewicht jedes Molekuls, das *Molekulargewicht,* setzt sich aus dem Gewicht der darin enthaltenen Atome zusammen. Ist z. B. das Atomgewicht des Kohlenstoffs 11,97, das des Sauerstoffs 15,96, so ist das Molekulargewicht des (aus 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atomen Sauerstoff bestehenden) Kohlendioxyds $11,97 + 2 \times 15,96 = 43,89$.[2])

§ 6.

Das Gesetz der „konstanten Proportionen". Ist die Vorstellung, die wir uns über die Natur der Atome und über den Vorgang der chemischen Verbindung gebildet haben, richtig, so mufs notwendig die Vereinigung zweier oder mehrerer Elemente zu einer chemischen Ver-

---

[1]) Zutreffender wäre die Bezeichnung relative Atomgewichte.

[2]) Auch diese Zahl bedeutet natürlich nicht das *absolute* Gewicht eines Molekuls Kohlendioxyd, sie sagt vielmehr nur, dafs ein Molekul Kohlendioxyd 43,89 mal so schwer ist als ein Atom Wasserstoff.

bindung stets nach ganz bestimmten unveränderlichen Gewichtsverhältnissen erfolgen, nämlich in dem Verhältnis der in die Verbindung eintretenden Atomgewichte.

Wenn z. B. ein Atom Calcium (Atomgewicht 39,9) mit einem Atom Sauerstoff (Atomgewicht 15,96) sich vereinigt, so kommen in einem Molekul Calciumoxyd auf 39,9 Gewichtsteile Calcium 15,96 Gewichtsteile Sauerstoff. Da die Atomgewichte des Calciums wie des Sauerstoffs unveränderlich sind, so erfolgt auch die Vereinigung von x Atomen Calcium mit x Atomen Sauerstoff in dem Gewichtsverhältnis von 39,9 : 15,96, und in x Molekulen, d. h. in jeder beliebigen Menge Calciumoxyd kommen auf 39,9 Gewichtsteile Calcium stets 15,96 Gewichtsteile Sauerstoff.

In einem wie in jeder beliebigen Menge von Kohlendioxydmolekulen kommen auf 1 Atom Kohlenstoff stets 2 Atome Sauerstoff oder, da das Atomgewicht jedes Kohlenstoffatoms 11,97, jedes Sauerstoffatoms 15,96 ist, auf 11,97 Gewichtsteile Kohlenstoff $2 \times 15{,}96$, d. i. 31,92 Gewichtsteile Sauerstoff u. s. f.

In jeder bestimmten chemischen Verbindung, wo und wie immer sie entstanden sein mag, sind die Elemente, aus denen sie besteht, stets in demselben Gewichtsverhältnis enthalten *(Gesetz der konstanten Proportionen).*[1])

§ 7.

Chemische Zeichensprache. Um den Vorgang der chemischen Vereinigung wie der chemischen Zerlegung bequem darstellen zu können, bezeichnet man jedes Element mit dem Anfangsbuchstaben seines lateinischen Namens, wenn nötig unter Zufügung eines zweiten Buchstabens. So hat der Sauerstoff (Oxygenium) das „*Zeichen*“ (oder „*Symbol*“) O, das Element Wasserstoff (Hydrogenium) das Zeichen H, das Element Magnesium das Zeichen Mg erhalten. Diese — auch in der Übersicht über die Elemente aufgeführten — Zeichen bedeuten aber nicht blofs den Namen, sondern zugleich die durch die Atomgewichtszahl ausgedrückte Gewichtsmenge der Elemente, oder, wie man schlechtweg sagen kann, ein Atom des Elementes.

---

[1]) Die Richtigkeit dieses Satzes erleidet keine Einbufse durch die Tatsache, dafs nicht selten mehrere Elemente in verschiedenen Gewichtsverhältnissen sich miteinander vereinigen. So kann sich ein Atom Kohlenstoff sowohl mit einem als auch mit zwei Atomen Sauerstoff verbinden. Im ersteren Fall entsteht *Kohlenoxyd*, eine Verbindung, in der auf 11,97 Gewichtsteile Kohlenstoff 15,96 Gewichtsteile Sauerstoff kommen; im anderen Fall entsteht *Kohlendioxyd*, das auf 11,97 Gewichtsteile Kohlenstoff $2 \times 15{,}96 = 31{,}92$ Gewichtsteile Sauerstoff enthält. Beide Verbindungen sind ganz verschiedenartige Körper, und für jede von ihnen gilt das Gesetz der konstanten Proportionen.

Durch Nebeneinanderstellen mehrerer Zeichen wird ausgedrückt, dafs die betreffenden Elemente chemisch miteinander verbunden sind. Z. B. bedeutet der „*Ausdruck*“ oder die „*Formel*“

$$CaO$$

ein Molekul Calciumoxyd, worin 1 Atom Calcium mit 1 Atom Sauerstoff oder 39,9 Gewichtsteile Calcium mit 15,96 Gewichtsteilen Sauerstoff zu 55,86 Gewichtsteilen Calciumoxyd verbunden sind. Die Formeln

CO_2	H_2O	Fe_2O_3
Kohlendioxyd	Wasser	Eisenoxyd

lassen erkennen, dafs in einem Molekul Kohlendioxyd ein Atom Kohlenstoff mit *zwei* Atomen Sauerstoff, in einem Molekul Wasser *zwei* Atome Wasserstoff mit einem Atom Sauerstoff, in einem Molekul Eisenoxyd *zwei* Atome Eisen mit *drei* Atomen Sauerstoff verbunden sind. Damit ist zugleich gesagt, dafs in der Verbindung:

Wasser	auf	2	Gewichtsteile	Wasserstoff	15,96	Gewichtsteile	Sauerstoff,
Kohlendioxyd	„	11,97	„	Kohlenstoff	31,92	„	„
Eisenoxyd	„	55,9	„	Eisen	47,88	„	„

kommen.

Den Vorgang der chemischen Vereinigung drückt man durch eine „chemische Gleichung“ z. B. wie folgt aus:

$$C + 2O = CO_2,$$

d. h. ein Atom Kohlenstoff vereinigt sich mit 2 Atomen Sauerstoff zu einem Molekul Kohlendioxyd.

Das Rosten des Eisens (s. o.) vollzieht sich nach folgender chemischen Gleichung:

$2Fe$	+	$3O$	+	$3H_2O$	=	$Fe_2O_6H_6$
Eisen		Sauerstoff		Wasser		Eisenhydroxyd oder Eisenrost.

Hiernach vereinigen sich beim Liegen des Eisens an feuchter Luft immer zwei Atome Eisen mit 3 Atomen Sauerstoff (aus der Luft) und den Wasserstoff- und Sauerstoffatomen aus 3 Molekulen Wasser (Luftfeuchtigkeit) zu einem Molekul Eisenhydroxyd. Mit Hilfe der Atomgewichte berechnet sich aus dieser Gleichung leicht, dafs

111,8	Gewichtsteile	Eisen	213,50	Gewichtsteile	Eisenrost
oder 100	„	„	190,96	„	„

liefern.

Die Zerlegung des Kalksteins (s. o.) in seine Bestandteile kann man durch die folgenden chemischen Gleichungen ausdrücken:

1.	$CaCO_3$	=	CaO	+	CO_2
	Calcium-karbonat[1])		Calcium-oxyd		Kohlen-dioxyd.

[1]) Kalkstein in völlig reinem Zustande besteht aus einer chemischen Verbindung, die man nach der älteren chemischen Sprache als kohlensauren Kalk, nach der neueren als Calciumkarbonat (auch als kohlensaures Calcium) bezeichnet.



2.	CaO	=	Ca	+	O	3.	CO_2	=	C	+	2O
	Calcium-oxyd		Calcium		Sauer-stoff		Kohlen-dioxyd		Kohlen-stoff		Sauer-stoff

Der durch Gleichung 1 veranschaulichte Vorgang vollzieht sich im Kalkofen. Hier zerfällt jedes Molekul Calciumkarbonat in ein Molekul Calciumoxyd und ein Molekul Kohlendioxyd. Durch chemische Mittel können diese beiden Körper noch weiter zerlegt werden. Nach Gleichung 2 liefert hierbei immer ein Molekul Calciumoxyd ein Atom Calcium und ein Atom Sauerstoff, ein Molekul Kohlendioxyd ein Atom Kohlenstoff und 2 Atome Sauerstoff. Diese Gleichungen gestatten es, wieder an der Hand der Atomgewichte, die Vorgänge auch „quantitativ" zu verfolgen:

Ein Molekul, d. i. ($39{,}9 + 11{,}97 + 3 \times 15{,}96 =$) 99,75 Gewichtsteile Calciumkarbonat, liefert im Kalkofen 1 Molekul, d. i. ($39{,}9 + 15{,}96 =$) 55,86 Gewichtsteile Calciumoxyd („gebrannten Kalk") und ein Molekul, d. i. ($11{,}97 + 2 \times 15{,}96 =$) 43,89 Gewichtsteile Kohlendioxyd. Bei weiterer chemischer Zersetzung zerfallen die 55,86 Gewichtsteile Calciumoxyd in 39,9 Gewichtsteile Calcium und 15,96 Gewichtsteile Sauerstoff, und die 43,89 Gewichtsteile Kohlendioxyd in 11,97 Gewichtsteile Kohlenstoff und 31,92 Gewichtsteile Sauerstoff.

§ 8.

Valenz oder Wertigkeit der Elemente; gesättigte und ungesättigte Verbindungen, Radikale. Wir haben vorhin gesehen, dafs ein Atom Calcium mit einem Atom Sauerstoff zu *einem* Molekul Calciumoxyd (CaO), ein Atom Kohlenstoff hingegen mit *zwei* Atomen Sauerstoff zu einem Molekul Kohlendioxyd (CO_2) sich vereinigen kann. Das Kohlenstoffatom besitzt mithin ein gröfseres Bindungsvermögen als das Calciumatom. Auch bei den Atomen anderer Elemente findet man eine verschieden grofse Atombindekraft. Am deutlichsten spricht sich das in ihrem Verhalten gegen die Wasserstoffatome aus. So vereinigt sich

ein Atom *Chlor* mit *einem* Atom Wasserstoff zu einem Molekul Chlorwasserstoff $Cl + H = HCl$,

ein Atom *Sauerstoff* mit *zwei* Atomen Wasserstoff zu einem Molekul Wasser $O + 2H = H_2O$,

ein Atom *Stickstoff* mit *drei* Atomen Wasserstoff zu einem Molekul Ammoniak $N + 3H = H_3N$,

ein Atom *Kohlenstoff* mit *vier* Atomen Wasserstoff zu einem Molekul Methan („Sumpfgas") $C + 4H = CH_4$.

Ein Chloratom besitzt mithin die gleiche Bindekraft wie ein Wasserstoffatom. Bezeichnet man das Wasserstoffatom als *„einwertig"*, so ist auch das Chloratom einwertig. Das Sauerstoffatom besitzt die doppelte Bindekraft oder „Wertigkeit" wie das Chlor- und das Wasserstoffatom, es ist

zweiwertig, der Stickstoff ist *drei-,* der Kohlenstoff *vierwertig.* Ein *Fluoratom* besitzt die gleiche Wertigkeit wie ein Chloratom. Das Element *Schwefel,* das mit dem Wasserstoff eine Verbindung von der Zusammensetzung H_2S (Schwefelwasserstoff) eingeht, ist dem Sauerstoff „gleichwertig“ oder „äquivalent“, der *Phosphor* ist dem Stickstoff, das Element *Silicium* dem Kohlenstoff äquivalent; denn der erstere vereinigt sich mit 3 Atomen Wasserstoff zu Phosphorwasserstoff (PH_3), das letztere mit 4 Atomen Wasserstoff zu Siliciumwasserstoff (SiH_4).

Die verschiedene Wertigkeit der Elemente bezeichnet man auch durch den Ausdruck: Der Wasserstoff besitzt eine, der Sauerstoff zwei, der Stickstoff drei etc. *Verwandtschaftseinheiten* oder *Valenzen.*

„Gesättigt“ nennt man eine Verbindung, wenn sämtliche Valenzen eines Bestandteiles durch die Valenzen der übrigen Bestandteile in Anspruch genommen, „gebunden“, „gesättigt“ werden. Gesättigt sind z. B. folgende Verbindungen:

H_2O	CO_2	CaO	$CaCO_3$
Wasser	Kohlendioxyd	Calciumoxyd	Calciumkarbonat.

Im *Wasser* werden die beiden Valenzen des zweiwertigen Sauerstoffatoms durch die 2 Valenzen der beiden einwertigen Wasserstoffatome, im *Kohlendioxyd* die 4 Valenzen des Kohlenstoffatoms durch die 4 der beiden Sauerstoffatome gesättigt. Im *Calciumoxyd* binden die 2 Valenzen des zweiwertigen Calciums die 2 des Sauerstoffatoms, im *Calciumkarbonat* die 6 Valenzen der 3 zweiwertigen Sauerstoffatome die (im ganzen) 6 Valenzen des zweiwertigen Calcium- und des vierwertigen Kohlenstoffatoms.

Die Verbindungen bleiben gesättigt, wenn einzelne ihrer Bestandteile durch *gleichwertige* Körper vertreten werden, wenn z. B.

im *Wassermolekul* an die Stelle des Sauerstoffs das gleichwertige Schwefelatom tritt: H_2S (Wasserstoffsulfid oder Schwefelwasserstoff);

im *Kohlendioxyd* der Kohlenstoff durch das gleichwertige Silicium „substituiert“ wird: SiO_2 (Siliciumdioxyd oder Kieselerde);

im *Calciumoxyd* das Calcium durch das gleichfalls zweiwertige Magnesium oder der Sauerstoff durch Schwefel vertreten wird: MgO (Magnesiumoxyd oder Magnesia), CaS (Calciumsulfid oder Schwefelcalcium), oder endlich

im *Calciumkarbonat* an die Stelle des einen zweiwertigen Calciumatoms zwei einwertige Kaliumatome oder ein Kaliumatom und ein Wasserstoffatom treten: K_2CO_3 (Kaliumkarbonat oder kohlensaures Kalium), $KHCO_3$ (Saures Kaliumkarbonat oder doppeltkohlensaures Kalium).

Ein Atom des einwertigen Elementes Chlor kann wohl mit einem Atom des einwertigen Natriums eine gesättigte Verbindung schliefsen: $NaCl$ (Natriumchlorid oder „Kochsalz“), dagegen wird ein Atom der zwei-

wertigen Elemente Calcium, Magnesium erst durch zwei Atome Chlor gesättigt: $CaCl_2$, $MgCl_2$ (Calciumchlorid, Magnesiumchlorid).

Die Lehre von der Wertigkeit (Valenzlehre) beruht nicht wie die Lehre von der konstanten Zusammensetzung der chemischen Verbindungen auf einem klar erkannten Naturgesetz, sondern nur auf einer Annahme (Hypothese), die in sehr vielen Fällen eine befriedigende Erklärung für die Bindungsart der verschiedenen Atome bringt.

Gewisse Verbindungen zwingen uns aber zu der Folgerung, dafs die Wertigkeit keine *Grund*eigenschaft der Elemente ist, dafs sie vielmehr unter verschiedenen Verhältnissen verschieden sein kann. So tritt z. B. der Schwefel in seiner Verbindung mit Wasserstoff *zwei*wertig: $H_2\overset{II}{S}$, in seinen Verbindungen mit Sauerstoff *vier-* oder *sechs*wertig auf:

$$\overset{IV}{S}O_2 \quad \text{und} \quad H_2\overset{IV}{S}O_3 \quad — \quad \overset{VI}{S}O_3 \quad \text{und} \quad H_2\overset{VI}{S}O_4$$

(Schwefeldioxyd) (Schweflige Säure) (Schwefeltrioxyd) (Schwefelsäure).

Dem Phosphoratom mufs man nach seiner Wasserstoffverbindung ($\overset{III}{P}H_3$) *drei* Valenzen zuerkennen. In seinen Sauerstoffverbindungen besitzt es dagegen *fünf* Valenzen:

$$\overset{V}{P}_2O_5 \quad \text{und} \quad H_3\overset{V}{P}O_4$$

(Phosphorpentoxyd) (Phosphorsäure).

Ebenso erscheint der *Stickstoff* in seinen Sauerstoffverbindungen:

$$\overset{V}{N}_2O_5 \quad \text{und} \quad H\overset{V}{N}O_3$$

(Stickstoffpentoxyd) (Salpetersäure),

aber auch in gewissen Wasserstoffverbindungen nicht als drei-, sondern als fünfwertig, z. B. im Salmiak: $\overset{V}{N}H_4Cl$.

In der Übersichtstabelle über die Elemente (S. 11) ist die Wertigkeit oder die Zahl der Valenzen aufgeführt, die den verschiedenen Elementen zugeschrieben werden.[1])

---

[1]) Nicht selten kann man die Annahme eines Wechsels der Wertigkeit durch die Anschauung vermeiden, dafs ein Teil der Valenzen eines Atoms dazu diene, ein anderes gleichartiges Atom an sich zu ketten. Manche Beobachtungen lassen z. B. darauf schliefsen, dafs das Eisen unter gewöhnlichen Verhältnissen stets vierwertig ist (z. B. die Verbindung Eisenbisulfid ($\overset{IV}{Fe}S_2$). Nun kennt man aber Eisenverbindungen von der Zusammensetzung

$$Fe_2O_2 \quad \text{und} \quad Fe_2O_3$$

(Eisenoxydul) (Eisenoxyd).

Nach der ersteren scheint das Eisen als *zwei*wertiges, in der zweiten als *drei*wertiges Element aufzutreten. Man *kann* sich aber auch denken, dafs in beiden Verbindungen das Eisen vierwertig ist, dafs aber beim Eisenoxydul zwei, beim Eisenoxyd eine Valenz *jedes* Eisenatoms dazu verwendet wird, das andere

Werden den Molekulen einer gesättigten Verbindung Atome entzogen, so bleiben gewöhnlich[1]) ungesättigte Atomgruppen oder „Reste“ zurück, die nur ausnahmsweise im freien Zustande bestehen, dagegen in chemischen Verbindungen die Stelle von Elementen vertreten können. Solche ungesättigten Atomgruppen nennt man *Radikale.* Denkt man sich z. B. aus der gesättigten Verbindung Wasser: H_2O ein Wasserstoffatom herausgenommen, so bleibt ein Rest oder ein Radikal OH zurück, das eine freie Valenz enthält und Hydroxyl genannt wird. Das Radikal Hydroxyl findet sich in einer grofsen Zahl von Verbindungen wieder. Im „Ätzkali“ ist es an ein Atom Kalium gebunden: KOH, das zweiwertige Calciumatom vereinigt sich mit zwei Hydroxylgruppen zu Ätzkalk = $Ca(OH)_2$ oder CaO_2H_2.

Auch die Gruppe NH_4, die im Salmiak (s. o.) mit einem Atom Chlor verbunden ist, kann man als ein einwertiges Radikal ansehen. (Seine 4 Wasserstoffatome binden nur 4 Valenzen des in diesem Falle *fünf*wertigen Stickstoffatoms). Es wird *Ammonium* genannt und bildet einen Bestandteil zahlreicher Verbindungen (z. B. des Ammoniumsulfates $(NH_4)_2\overset{VI}{S}O_4$), die grofse Ähnlichkeit mit den entsprechenden Kalium- und Natriumverbindungen aufweisen.

§ 9.

Oxydation, Oxyde, Hydroxyde, Säuren, Basen, Salze. Fast alle in der Bodenkunde zu besprechenden zusammengesetzten Körper gehören einer der folgenden Gruppen an: *Oxyde, Basen, Säuren, Salze.*

Das Fluor ausgenommen, können alle Elemente sich mit Sauerstoff verbinden. Den Vorgang der direkten Vereinigung bezeichnet man als *Oxydation* oder *Verbrennung,*[2]) die Vereinigungsprodukte als *Oxyde.*

Eisenatom an sich zu binden. Dann bleiben von den beiden Eisenatomen des Eisenoxyduls vier, von denen des Eisenoxyds sechs Valenzen übrig, die im ersteren Fall durch die vier, im anderen durch die sechs Valenzen der vorhandenen Sauerstoffatome ausgeglichen werden. Übrigens gibt man dem Eisenoxydul gewöhnlich die Formel FeO, man schreibt also dem Eisen in dieser Verbindung gewöhnlich nur zwei Valenzen zu.

[1]) Nicht immer. So kann die gesättigte Verbindung Calciumsulfat $CaSO_4$ durch Entziehung des Sauerstoffs („Reduktion“) in die gleichfalls gesättigte Verbindung Calciumsulfid CaS übergehen. Im Calciumsulfat werden die 8 Valenzen der 4 Sauerstoffatome durch die (im ganzen) 8 Valenzen des Calciumatoms und des hier sechswertigen Schwefelatoms ausgeglichen. Im Calciumsulfid tritt der Schwefel zweiwertig auf und bildet mithin mit dem gleichfalls zweiwertigen Calcium eine gesättigte Verbindung.

[2]) Als Verbrennung im gewöhnlichen Sinn, wenn die Vereinigung sich rasch unter lebhafter Wärme- und Lichtentwickelung vollzieht; als „langsame Verbrennung“, wenn sie nur allmählich und ohne oder doch nur mit ganz schwacher Lichtentwickelung erfolgt.

Wasserstoff, an der Luft entzündet, verbrennt, er vereinigt sich mit Sauerstoff, er wird zu Wasserstoffoxyd oder Wasser (H_2O) „oxydiert". Die Metalle *Kalium, Natrium, Calcium* oxydieren sich beim Verbrennen an der Luft zu Kaliumoxyd oder Kali (K_2O), Natriumoxyd oder Natron (Na_2O), Calciumoxyd oder Kalk (CaO).

Geht ein Metall mehrere Verbindungen mit Sauerstoff ein, oder m. a. W. bildet es „niedere und höhere Oxydationsstufen," so bezeichnete man nach der älteren chemischen Ausdrucksweise das *an Sauerstoff ärmere* als *Oxydul,* das *an Sauerstoff reichere* als *Oxyd.* So bildet z. B. das Eisen folgende Oxyde:

FeO	Fe_2O_3	Fe_3O_4 ($= FeO + Fe_2O_3$)
Eisenoxydul	Eisenoxyd	Eisenoxyduloxyd.

Die neuere chemische Sprache kennzeichnet die verschiedenartigen Oxyde dadurch, dafs sie dem Namen des Metalls bei den an *Metall ärmeren* Verbindungen die Endung i, bei den an *Metall reicheren* die Endung o gibt. Danach erhält die Verbindung Fe_2O_3 den Namen Ferrioxyd, die Verbindung FeO, bei der schon auf (ein Atom Sauerstoff ein Atom Eisen oder) *zwei* Atome Sauerstoff zwei Atome Eisen kommen, den Namen *Ferrooxyd* und die Verbindung Fe_3O_4 den Namen Ferroferrioxyd.

Das Nichtmetall Schwefel kann bei seiner Vereinigung mit Sauerstoff zwei Oxyde, Schwefeldioxyd (SO_2) und Schwefeltrioxyd (SO_3) liefern. Beim Verbrennen des Phosphors entsteht Phosphorpentoxyd (P_2O_5), beim Verbrennen des Kohlenstoffs Kohlendioxyd (CO_2).

Die meisten Oxyde können sich mit den Elementen des Wassers zu gesättigten Verbindungen vereinigen, die man *Hydroxyde* nennt.

Calciumoxyd in Berührung mit Wasser geht in Calciumhydroxyd (Ätzkalk) über:

$$CaO + H_2O = CaO_2H_2.$$

Das Calciumhydroxyd ist in Wasser etwas löslich, die Lösung („Kalkwasser") hat einen laugenhaften Geschmack und bläut roten Lackmusfarbstoff. Diese Eigenschaften bezeichnet man als „alkalische Reaktion". Mit Säuren zusammengebracht bildet es Salze (s. u.) Derartige Hydroxyde nennt man *Basen,* die Oxyde, woraus sie hervorgehen, basenbildende Oxyde. „Alkalisch reagierende" Basen sind z. B. das *Kaliumhydroxya* oder Ätzkali (KOH), das *Natriumhydroxyd* oder Ätznatron[1]) ($NaOH$). Aus ihren Oxyden können sie entstehen nach der Gleichung:

$$K_2O + H_2O = K_2O_2H_2 = 2KOH.$$

Nicht in Wasser löslich und deswegen auch nicht alkalisch reagierende Basen sind das *Ferrohydroxyd*[2]) FeO_2H_2 (in der älteren chemischen Sprache

[1]) Die Lösung von Kaliumhydroxyd und Natriumhydroxyd in Wasser nennt man „Kalilauge" und „Natronlauge".

[2]) Vergl. § 8, insbesondere Anmerkung auf S. 18.

Eisenhydroxydul) und das *Ferrihydroxyd* $Fe_2O_6H_6$ (Eisenrost, s. o., früher auch als Eisenhydroxyd bezeichnet).

Die Metalle liefern bei ihrer Vereinigung mit Sauerstoff allermeist basenbildende Oxyde.

Andere Oxyde vereinigen sich mit den Elementen des Wassers zu Hydroxyden, die, falls sie in Wasser löslich sind, sauren Geschmack und die Fähigkeit besitzen, blauen Lackmusfarbstoff zu röten (sie zeigen „saure Reaktion"). Man nennt sie daher „säurebildende Oxyde", ihre Hydroxyde aber *Säuren*. Mit Basen zusammengebracht bilden sie Salze (s. u.).

Die meisten Nichtmetalle vereinigen sich mit Sauerstoff zu säurebildenden Oxyden.

Säurebildende Oxyde sind z. B.:

SO_3	CO_2	N_2O_5	P_2O_5
Schwefeltrioxyd	Kohlendioxyd	Stickstoffpentoxyd	Phosphorpentoxyd.

In Berührung mit Wasser liefern sie Säuren nach folgenden Gleichungen:

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$
Schwefelsäure,

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$
Kohlensäure,

$$N_2O_5 + H_2O = H_2N_2O_6 = 2HNO_3$$ [1]
Salpetersäure,

$$P_2O_5 + 3H_2O = H_6P_2O_8 = 2H_3PO_4$$ [1]
Phosphorsäure.

Oxyde, die mit den Elementen des Wassers sich weder zu Säuren noch zu Basen vereinigen, nennt man *indifferente Oxyde*. Beispiele: Wasser H_2O, Eisenhammerschlag oder Ferroferrioxyd (Fe_3O_4), Braunstein oder Manganperoxyd (MnO_2) („Mangansuperoxyd", „Manganhyperoxyd") u. a. Nach den *älteren chemischen Anschauungen* bezeichnete man die basenbildenden Oxyde als Basen, die säurebildenden Oxyde als Säuren, ihre Hydroxyde aber sah man als Verbindungen mit Wasser an und bezeichnete sie dementsprechend als „Oxydhydrate" und „Säurehydrate". Zum Beispiel:

CaO, H_2O (Verbindung von Kalk mit Wasser): „Kalkhydrat",
N_2O_5, H_2O („ „ Salpetersäure mit Wasser): „Salpetersäurehydrat",
SO_3, H_2O („ „ Schwefelsäure mit Wasser): „Schwefelsäurehydrat" u. s. w.

---

[1]) In einem Molekul Salpetersäure sind nicht 2 Atome Wasserstoff, 2 Atome Stickstoff, 6 Atome Sauerstoff, in einem Molekul Phosphorsäure nicht 6 Atome Wasserstoff, 2 Atome Phosphor, 8 Atome Sauerstoff, sondern nur die Hälfte dieser Mengen enthalten; es entstehen bei den oben dargestellten Vorgängen also nicht ein, sondern *zwei* Molekule Salpetersäure und Phosphorsäure.

Die *heutige Chemie* sieht in den *Basen* Verbindungen eines Metalls, in den sauerstoffhaltigen[1]) Säuren Verbindungen eines „Säureradikals" (s. § 8) mit dem Radikal Hydroxyl (OH). Zum Beispiel:

Calciumhydroxyd	CaO_2H_2	=	$Ca(OH)_2$,
Ferrohydroxyd	FeO_2H_2	=	$Fe(OH)_2$,
Ferrihydroxyd	$Fe_2O_6H_6$	=	$Fe_2(OH)_6$,
Salpetersäure	HNO_3	=	$NO_2 . OH$, (Nitroxyl)[2])
Schwefelsäure	H_2SO_4	=	$SO_2(OH)_2$ (Sulfuryl)[2])
Kohlensäure	H_2CO_3	=	$CO(OH)_2$, (Carbonyl)[2])
Phosphorsäure	H_3PO_4	=	$PO . (OH)_3$ u. s. w. (Phosphoryl)[2])

Denkt man sich aus den Säuren Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnis, in dem sie Wasser bilden, herausgenommen, so bleiben die säurebildenden Oxyde, die man früher „Säuren" nannte, zurück. Letztere kann man daher als „Anhydride" der Säuren bezeichnen, z. B.:

$H_2SO_4 - H_2O = SO_3$ („Schwefelsäureanhydrid"),
$H_2CO_3 - H_2O = CO_2$ („Kohlensäureanhydrid"),
$2H_3PO_4 - 3H_2O = P_2O_5$ („Phosphorsäureanhydrid") u. s. f.

Säuren und Basen bilden miteinander unter gleichzeitiger Entstehung von Wasser *Salze:*

$$KOH + NO_2 . OH = NO_2 . OK + H_2O.$$

Kaliumhydroxyd Salpetersäure Kaliumnitrat

Bei der Salzbildung tritt also das Metall aus der Base an die Stelle des Wasserstoffs in der Hydroxylgruppe der Säure, während der letztere mit der Hydroxylgruppe der Base sich zu Wasser vereinigt.[3])

Enthält eine Säure mehrere Hydroxylgruppen, so können auch mehrere Wasserstoffatome durch ein Metall ersetzt werden, z. B.:

---

[1]) Über sauerstofffreie Säuren s. w. u.

[2]) Wenn der Stickstoff 5wertig, der Sauerstoff 2wertig ist, so besitzt das Säureradikal *Nitroxyl* NO_2 noch eine freie Valenz, die *eine* einwertige Hydroxylgruppe an sich ketten kann. Im *Sulfuryl* ist der Schwefel 6wertig. 4 Valenzen werden durch die 4 Valenzen der 2 Sauerstoffatome ausgeglichen, die überbleibenden 2 freien Valenzen können *zwei* Hydroxylgruppen binden. Das Radikal *Carbonyl* mufs 2wertig sein, weil das Kohlenstoffatom 4-, das Sauerstoffatom 2wertig ist. Das Radikal der Phosphorsäure PO ist 3wertig, weil von den 5 Valenzen des Phosphoratoms nur 2 durch die Valenzen des Sauerstoffatoms gesättigt werden.

[3]) Umgekehrt kann man auch sagen: Das Säureradikal der Säure tritt an die Stelle des Wasserstoffs in die Base, während der letztere mit dem Hydroxyl der Säure sich zu Wasser vereinigt.

1. $KOH + SO_2H_2O_2 = SO_2KHO_2 + H_2O$.
Schwefelsäure „Saures Kaliumsulfat"

2. $2KOH + SO_2H_2O_2 = SO_2K_2O_2 + 2H_2O$.
„Normales Kaliumsulfat"

Im Fall 1 entsteht ein „saures", im Fall 2 ein „normales"[1]) Salz.

Je nachdem eine Säure eine oder mehrere Hydroxylgruppen enthält, heifst sie *ein-* oder *mehrbasisch*. Die Phosphorsäure ist dreibasisch, sie kann drei Reihen von Salzen bilden:

$KOH + H_3PO_4 = KH_2PO_4 + H_2O$,
Monokaliumphosphat[2])

$2KOH + H_3PO_4 = K_2HPO_4 + 2H_2O$,
Dikaliumphosphat[2])

$3KOH + H_3PO_4 = K_3PO_4 + 3H_2O$.
Trikaliumphosphat[2])

Treten mehrwertige Metallatome in ein Säuremolekul ein, so kann das häufig nur dann geschehen, wenn mehrere Säuremolekule sich vereinigt haben. So bei der Entstehung von Calciumnitrat:

$CaO_2H_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O$.
Calciumhydroxyd Salpetersäure Calciumnitrat

Ferner kann z. B. *ein* Molekul einer zweibasischen Säure mit dem Atom eines zweiwertigen Metalls nur ein *normales* Salz bilden:

$H_2CO_3 + CaO_2H_2 = CaCO_3 + 2H_2O$.
Kohlensäure Normales Calciumkarbonat

Zur Bildung eines *sauren* Salzes sind *zwei* Säuremolekule erforderlich:

$2H_2CO_3 + CaO_2H_2 = CaH_2(CO_3)_2 + 2H_2O$.
Saures Calciumkarbonat

Die ältere Chemie betrachtete ein Salz als die chemische Verbindung eines säurebildenden mit einem basenbildenden Oxyd oder nach ihrer Auffassung als die Verbindung einer „Säure" mit einer „Base". Ein Molekul Calciumsulfat: $CaSO_4$ enthielt hiernach die beiden Gruppen CaO (Kalk) und SO_3 („Schwefelsäure"):

$$CaO, SO_3.$$

Ein Molekul des normalen Kaliumphosphats bestand aus „Kali" und „Phosphorsäure": $3K_2O, P_2O_5$,[3]) dementsprechend bezeichnete man diese

---

[1]) Die sogenannten sauren Salze, die man als Zwischenstufen zwischen der Säure und dem „normalen" Salz ansehen kann, zeigen häufig, wenn auch nicht immer, saure Reaktion, die „normalen" reagieren meist neutral, bisweilen alkalisch

[2]) Wohl auch als zweifachsaures, einfachsaures und normales Kaliumphosphat bezeichnet.

[3]) Die Ziffer 3 bezieht sich bei dieser Schreibweise nur auf die vor dem Komma stehende Atomgruppe.

Salze als „schwefelsauren Kalk“ und als „phosphorsaures Kali“. Heute spricht man von „schwefelsaurem Calcium“ und „phosphorsaurem Kalium“, oder man hängt dem Namen des in dem Salz vertretenen Metalls eine aus dem Namen des säurebildenden Elementes hergeleitete Endung an, z. B.:

Calciumsulfat, Kaliumphosphat u. s. w.

Die folgende Zusammenstellung enthält die Bezeichnungen und Formeln einiger besonders wichtiger Salze nach der älteren und der neueren Anschauungsweise.

Nach älterer Anschauung:	Nach neuerer Anschauung:	
Salpetersaures Kali K_2O, N_2O_5,	Kaliumnitrat KNO_3	$[NO_2 . OK]$,
Salpetersaures Ammoniak $(NH_4)_2O$, N_2O_5 (richtiger: Salpetersaures Ammoniumoxyd),	Ammoniumnitrat NH_4NO_3	$[NO_2 . ONH_4]$,
Salpetersaurer Kalk CaO, N_2O_5,	Calciumnitrat $Ca(NO_3)_2$	$[(NO_2)_2 . O_2Ca]$,
Schwefelsaures Kali K_2O, SO_3,	Kaliumsulfat K_2SO_4	$[SO_2 . O_2K_2]$,
Schwefelsaurer Kalk CaO, SO_3,	Calciumsulfat $CaSO_4$	$[SO_2 . O_2Ca]$,
Schwefelsaures Eisenoxydul FeO, SO_3,	Ferrosulfat $FeSO_4$	$[SO_2 . O_2Fe]$,
Schwefelsaures Eisenoxyd Fe_2O_3, $3SO_3$,	Ferrisulfat $Fe_2(SO_4)_3$	$[(SO_2)_3 . O_6Fe_2]$,
Kohlensaures Natron Na_2O, CO_2,	Normal. Natriumkarbonat Na_2CO_3	$[CO . O_2Na_2]$,
Doppeltkohlensaures Natron Na_2O, $CO_2 + H_2O$, CO_2,[1]	Saures Natriumkarbonat $NaHCO_3$	$[CO . O_2HNa]$,
Kohlensaurer Kalk CaO, CO_2,	Normal. Calciumkarbonat $CaCO_3$	$[CO . O_2Ca]$,
Doppeltkohlens. Kalk $CaO, CO_2 + H_2O, CO_2$,	Saures Calciumkarb. $CaH_2(CO_3)_2$	$[(CO)_2 . O_4CaH_2]$,
Basisch. phosphorsaures Kali $3K_2O, P_2O_5$,	Trikaliumphosphat K_3PO_4 (dreifach)	$[PO . O_3K_3]$,
Neutr. phosphors. Kali $2K_2O$, H_2O, P_2O_5,	Dikaliumphosphat K_2HPO_4 (zweifach)	$[PO . O_3K_2H]$,
Saures phosphors. Kali K_2O, $2H_2O$, P_2O_5,	Monokaliumphosphat KH_2PO_4 (einfach)	$[PO . O_3KH_2]$,
Basisch. phosphors. Kalk $3CaO$, P_2O_5,	Tricalciumphosphat $Ca_3(PO_4)_2$	$[(PO)_2 . O_6Ca_3]$,
Neutr. phosphors. Kalk $2CaO$, H_2O, P_2O_5,	Dicalciumphosphat $Ca_2H_2(PO_4)_2$	$[(PO)_2 . O_6Ca_2H_2]$,
Saurer phosphors. Kalk CaO, $2H_2O$, P_2O_5,	Monocalciumphosphat $CaH_4(PO_4)_2$	$[(PO)_2 . O_6CaH_4]$,
Phosphorsaures Eisenoxydul $3FeO$, P_2O_5,	Ferrophosphat $Fe_3(PO_4)_2$	$[(PO)_2 . O_6Fe_3]$,
Phosphorsaures Eisenoxyd Fe_2O_3, P_2O_5,	Ferriphosphat $Fe_2(PO_4)_2$	$[(PO)_2 . O_6Fe_2]$.[2]

[1] Die „doppeltsauren“ Salze sah man als Verbindungen des neutralen Salzes mit einem „Säurehydrat“ (s. o.) an.

[2] Gewöhnlich wendet man die einfachere Formel $FePO_4$ oder $PO . O_3Fe$ an.

§ 10.

Haloidsäuren, Haloidsalze. Mit den Elementen Fluor, Chlor, Brom, Jod geht der Wasserstoff gasförmige Verbindungen von der Zusammensetzung:

HFl	HCl	HBr	HJ
Fluorwasserstoff[1]	Chlorwasserstoff[2]	Bromwasserstoff	Jodwasserstoff

ein, die in Wasser leicht löslich sind und stark saure Reaktion (s. o.) zeigen. Mit Basen bilden sie Salze, z. B.:

$$KOH + HCl = KCl + H_2O.$$

Kaliumhydroxyd — Kaliumchlorid oder Chlorkalium

$$CaO_2H_2 + 2HFl = CaFl_2 + 2H_2O$$

Calciumhydroxyd — Calciumfluorid oder Fluorcalcium

Sie sind also als (sauerstofffreie) Säuren zu betrachten und sie werden, im Gegensatz zu den sauerstoffhaltigen Säuren oder „Sauerstoffsäuren", als „Wasserstoffsäuren" (auch als „Haloidsäuren") bezeichnet.

Ihre Salze kann man auch als Verbindungen der oben genannten Elemente mit Metallen ansehen und man bezeichnet sie daher als Fluor-, Chlor- u. s. w. Metalle oder als Fluoride, Chloride, Bromide, Jodide (z. B. Chlornatrium oder Natriumchlorid, Fluorcalcium oder Calciumfluorid u. s. w.). Wegen ihrer Fähigkeit, mit Metallen salzartige Verbindungen zu bilden, nennt man die Elemente Fluor, Chlor, Brom, Jod auch *Salzbildner* („Halogene"), während die Salze selbst als *Haloidsalze* bezeichnet werden.

[1]) Die Lösung in Wasser wird auch Flufssäure genannt.

[2]) Die wässerige Lösung wird auch Salzsäure genannt.

Kapitel I.

Die Bestandteile der festen Erdrinde.

A. Die gesteinbildenden Mineralien. Ihr chemischer Charakter und ihr chemisches Verhalten.

§ 11.

Die so verschiedenartigen, die Erdrinde zusammensetzenden und bei ihrer weiteren Umwandlung den Boden bildenden *Gesteine* („Felsarten", „Gebirgsarten") bestehen aus *Mineralien,* d. h. leblosen, nicht oder doch nur sehr mittelbar von lebenden Wesen abstammenden, ihrer Hauptmasse nach in sich gleichartigen Naturkörpern, die sich nicht mehr oder nur auf chemischem Wege zerlegen lassen. Da die Umwandlung der Gesteine und die Art der dabei entstehenden Produkte sehr wesentlich von der Art der gesteinbildenden Mineralien abhängt, so haben wir uns zunächst mit der Zusammensetzung und dem chemischen Verhalten der letzteren zu befassen.

Ihrem chemischen Charakter nach lassen sich die wichtigeren an der Bodenbildung beteiligten *Mineralien* in die folgenden Gruppen teilen: *Kieselerde-Mineralien* und *Kieselsaure Salze* oder Silikate, *Kohlensaure Salze* oder Karbonate, *Phosphorsaure Salze* oder Phosphate, *Schwefelsaure Salze* oder Sulfate, *Schwefelmetalle* oder Sulfide, *Oxyde* und *Oxydhydrate* oder Hydroxyde, *Chlorverbindungen* oder Chloride, *Salpetersaure Salze* oder Nitrate.

Nach ihrer Verbreitung nehmen die Kieselerde-Mineralien und die Silikate bei weitem die erste Stelle ein.

§ 12.

Die Kieselerde-Mineralien und ihr chemischer Charakter. Die Kieselerde, eine Verbindung des Elementes Silicium mit Sauerstoff von der Zusammensetzung SiO_2, daher nach chemischem Sprachgebrauch Siliciumdioxyd benannt, findet sich in ungeheuren Mengen im Boden, im Wasser und in den Pflanzen verbreitet. Kristallisiert und wasserfrei kommt sie als *Quarz* mit zahlreichen Varietäten (Bergkristall, Amethyst u. a.), amorph und dabei wasserhaltig als *Opal* im Boden vor. Als Gemenge von wasserhaltiger, amorpher und kristallisierter Kieselerde lassen sich *Feuerstein, Chalcedon* und *Achat* ansehen. Brunnen-, Quell- und Seewasser,

namentlich manche heifse Quellen enthalten nicht unbeträchtliche Mengen von Kieselerde (wahrscheinlich als „Hydroxyd", § 9) gelöst und setzen sie als „Süfswasserquarz" oder „Kieselsinter" ab.

Auch in den Geweben zahlreicher Pflanzen wird sie gefunden, obwohl sie nicht zu den eigentlichen Pflanzennährstoffen zu gehören scheint. Bemerkenswert ist ihr Vorkommen in den Zellwänden gewisser einzelliger Algen, deren auf dem Grunde früherer Seeen massenhaft angehäufte Reste, bekannt unter dem Namen *Kieselgur* („Infusorienerde"), *Tripel, Polierschiefer,* zum gröfseren Teil aus reiner, bisweilen durch Beimengung humoser Teilchen leicht grau gefärbter Kieselerde bestehen.[1])

Durch reines Wasser wird das Siliciumdioxyd so schwer in Lösung gebracht, dafs man es gewöhnlich als unlöslich betrachtet. In Kali- und Natronlauge (§ 9), sowie in Lösungen von Kalium- und Natriumkarbonat lösen sich die verschiedenen natürlich vorkommenden Kieselerden in sehr verschiedenem Grade, die amorphen leicht, die kristallisierten sehr schwer, in der Regel um so leichter, je mehr Wasser sie enthalten.

Nach älterer chemischer Anschauung, die in vielen Lehrbüchern der Mineralogie noch festgehalten wird, sah man das Siliciumdioxyd als eine Säure an (s. o.) und bezeichnete es schlechtweg als Kieselsäure. Kieselsaure Salze oder Silikate galten als Verbindungen des Siliciumdioxyds mit Metalloxyden, erhielten also beispielsweise die chemische Formel

$$R_2O, \; SiO_2,$$

worin R ein einwertiges Metall bedeutet. Nach den heutigen chemischen Anschauungen (§ 9) würde einer dem soeben angeführten Salz entsprechenden Kieselsäure die chemische Formel ($H_2O + SiO_2 =$)

$$H_2SiO_3 \text{ oder } SiO(OH)_2$$

zukommen. Eine Säure von dieser Zusammensetzung wird als „Metakieselsäure", die Verbindung SiO_2 mithin als das Anhydrid (§ 9) der Metakieselsäure bezeichnet.

Ein grofser Teil der in der Natur vorkommenden kieselsauren Salze läfst sich von der Metakieselsäure (s. o.) ableiten, andere müssen als die Salze einer Säure von der Zusammensetzung ($2H_2O + SiO_2 =$) H_4SiO_4 („Orthokieselsäure") angesehen werden. Die Meta- wie die Orthokieselsäure können auf künstlichem Wege hergestellt werden; dafs sie oder die eine oder andere von ihnen auch im freien Zustande in der Natur vorkommen, ist höchst wahrscheinlich, wenn es auch noch nicht gelungen ist, sie mit Sicherheit nachzuweisen. Übrigens setzt die Zusammensetzung einer grofsen Anzahl

[1]) Kieselgurlager finden sich sowohl im Diluvium als im Alluvium. Sie sind als Baugrund sehr gefürchtet. Ihr Material wird u. a. als schlechter Wärmeleiter vielfach zu Isolierungen, ferner zum Aufsaugen des Nitroglycerins bei der Dynamitfabrikation verwendet.



natürlich vorkommender Silikate das Vorhandensein von Kieselsäuren voraus, in deren chemischer Formel mehrere Atome Silicium enthalten sind. Zur Aufklärung ihrer Konstitution nimmt man an, dafs zwei oder mehrere Molekule der Ortho- oder Metakieselsäure unter gleichzeitigem Austritt von Wasser zu sogenannten „Polykieselsäuren“ sich zusammengelagert haben. So kann entstehen

aus 2 Molekulen Metakieselsäure durch Austritt von 1 Molekul Wasser: 1 Molekul „Metadikieselsäure“:

$$2H_2SiO_3 - H_2O = H_2Si_2O_5,$$

aus 2 Molekulen Orthokieselsäure durch Austritt von 1 Molekul Wasser: 1 Molekul „Orthodikieselsäure“:

$$2H_4SiO_4 - H_2O = H_6Si_2O_7,$$

aus 3 Molekulen Orthokieselsäure durch Austritt von 4 Molekulen Wasser: 1 Molekul „Polykieselsäure“:

$$3H_4SiO_4 - 4H_2O = H_4Si_3O_8.$$

Im freien Zustande sind diese Säuren zwar nicht mit Sicherheit bekannt, jedoch scheinen viele natürlich vorkommende wasserhaltige Kieselerden (Opal, Chalcedon, Achat u. a.) aus ihnen zu bestehen.

Beim Abscheiden aus ihren Salzen, das durch die Einwirkung von Säuren (auch von Kohlensäure) herbeigeführt werden kann (s. u.), bleiben nach Umständen nicht unerhebliche Kieselsäure-Mengen in Lösung. Unter gewissen Bedingungen bildet die ausgeschiedene Säure mit Wasser eine gallertartige Masse („Colloidale“ Kieselsäure), die beim Eintrocknen fest wird, beim Glühen das Wasser völlig verliert und sich in Siliciumdioxyd umwandelt.

§ 13.

Chemischer Charakter der kieselsauren Salze oder Silikate.

Früher betrachtete man diese Salze als Verbindungen von Siliciumdioxyd (SiO_2) mit Metalloxyden (§ 9) und unterschied je nach dem Verhältnis, in dem die mit Metall verbundene Sauerstoffmenge zu der an Silicium gebundenen steht, zwischen Singulo-, Bi-, Trisilikaten u. s. w. So läfst sich z. B. das Silikat Olivin als eine Verbindung von 2 Molekulen Magnesiumoxyd (Magnesia) mit 1 Molekul Siliciumdioxyd ansehen:

$2MgO + SiO_2$; Verhältnis des Magnesiasauerstoffs zum Kieselerdesauerstoff wie 1:1.

Hiernach bezeichnete man den Olivin als ein *Singulosilikat*. Als Bisilikate sind anzusehen z. B. der *Enstatit*, dessen frühere Formel: $MgO + SiO_2$ auf 1 Atom Magnesiasauerstoff 2 Atome Kieselerdesauerstoff enthält, und ebenso der *Leucit*, den man sich nach der Formel K_2O, $Al_2O_3 + 4SiO_2$ zusammengesetzt dachte. Im Leucit ist neben dem Monoxyd

K_2O noch ein Sesquioxyd[1]) Al_2O_3 enthalten. Derartige Silikate, die zwei verschiedene Metalle enthalten und die zu den verbreitetsten gehören, bezeichnete man als *Doppelsilikate* und gab ihnen beispielsweise den chemischen Ausdruck: $K_2O \cdot SiO_2 + Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$.

Dieser älteren chemischen Anschauungsweise entspricht es, wenn man bei Mineralanalysen den Gehalt der Verbindungen an Kieselerde oder „Kieselsäure" (SiO_2), an Kaliumoxyd oder Kali (K_2O), an Natriumoxyd oder Natron (Na_2O), an Calciumoxyd oder Kalk (CaO), an Magnesiumoxyd oder Magnesia (MgO), an Eisenoxydul (FeO), an Eisenoxyd (Fe_2O_3), an Aluminiumoxyd oder Tonerde (Al_2O_3) u. s. w. aufführt.

Auf Grund der jetzigen Ansichten über die Anordnung der Elemente innerhalb chemischer Verbindungen leitet man die Silikate von den eigentlichen Kieselsäuren her (§ 6), indem man sich deren Wasserstoff durch Metalle vertreten denkt. Durch Eintritt von 2 Atomen des zweiwertigen Magnesiummetalls an die Stelle der 4 Wasserstoffatome der Orthokieselsäure (H_4SiO_4) entsteht der *Olivin* Mg_2SiO_4, durch Eintritt von einem Magnesiumatom anstelle der zwei Wasserstoffatome der Metakieselsäure (H_2SiO_3) der *Enstatit* $MgSiO_3$. Man kann sich diese Silikate auch als Verbindungen des vierwertigen „Säurerestes" SiO_4 mit 2 Atomen Magnesium und des zweiwertigen „Säurerestes" SiO_3 mit 1 Atom Magnesium vorstellen. In den mehrwertige Metallatomkomplexe enthaltenden Silikaten denkt man sich jene mit zwei oder mehr Säureresten verbunden, so im *Leucit* $K_2Al_2(SiO_3)_4$ die achtwertige Atomgruppe K_2Al_2 mit 4 zweiwertigen Säureresten SiO_3.

Wenn es bis jetzt auch noch nicht in befriedigender Weise gelungen ist, die zahlreichen, äufserst mannigfaltig zusammengesetzten Silikate in ein chemisches System zu bringen, so läfst sich doch die Zusammensetzung der überwiegenden Mehrzahl zwanglos von den bereits früher erwähnten Kieselsäuren:

Orthokieselsäure	Metakieselsäure	Orthodikieselsäure	Metadikieselsäure	Polykieselsäure
H_4SiO_4	H_2SiO_3	$H_6Si_2O_7$	$H_2Si_2O_5$	$H_4Si_3O_8$

theoretisch herleiten. So z. B. wichtige Glieder der Feldspatgruppe, Orthoklas, Albit (s. u.) von der Polykieselsäure, der Cordierit: $Mg_3Al_6(Si_2O_7)_4$ von der Orthodikieselsäure u. s. w.

---

[1]) Unter „Monoxyden" versteht man solche Sauerstoffverbindungen, in denen mit einem Atom Sauerstoff 2 Atome eines einwertigen oder 1 Atom eines zweiwertigen Elementes verbunden sind, z. B. K_2O, Na_2O, CaO, MgO u. s. w. In einem „Sesquioxyd" kommen auf 3 Atome Sauerstoff 2 Atome eines anderen Elementes, z. B. Al_2O_3 oder Fe_2O_3. Die Atomgruppen Al_2, Fe_2 betrachtet man als sechswertig (s. o. § 8 Anm.).

Die natürlich vorkommenden, sowie die künstlich hergestellten Silikate sind entweder *wasserhaltig* oder *wasserfrei*. Die ersteren geben zum Teil das Wasser bereits bei mäfsigem Erhitzen ab; man nimmt in diesem Fall an, dafs es in molekularer Verbindung mit dem Salz vorhanden sei, und bezeichnet es als *Kristallwasser*. So bei der Mehrzahl der Zeolithe (s. u.), z. B. beim Analcim: $Na_2Al_2(SiO_3)_4 + 2H_2O$. Bei anderen beteiligen sich die Elemente des Wassers am Aufbau des Silikatmolekuls selbst. Solche Mineralien verlieren das Wasser erst bei sehr heftigem Glühen, und man spricht in diesem Fall von *basischem* oder *Konstitutionswasser*. So enthält z. B. der Kaolin (s. u.) neben Kristallwasser noch basisches Wasser, was durch die chemische Formel $H_2Al_2Si_2O_8 + H_2O$ angedeutet wird.

Die *Mannigfaltigkeit* der natürlich vorkommenden Silikate wird nicht nur durch die abweichende Zusammensetzung der verschiedenen Kieselsäuren und die grofse Anzahl von Metallen, die in sie eintreten können, sondern namentlich auch dadurch bedingt, dafs jedes darin enthaltene Metall zu gröfseren oder kleineren Teilen durch gleichwertige Metalle vertreten werden kann, so Kalium durch Natrium oder Ammonium, Calcium durch Magnesium, Aluminium durch Eisen u. s. w., ohne dafs dadurch der mineralische Gesamtcharakter, namentlich die Kristallform, verändert wird.

§ 14.

Ordnung der Silikate nach Gruppen. Von den an der Bodenbildung beteiligten Silikaten folgen hier zunächst diejenigen, die kein Kristallwasser enthalten.

1. *Die Gruppe der Feldspate.* Sie enthalten neben Aluminium stets noch ein oder mehrere Metalle der Alkalien oder alkalischen Erden. a) *Orthoklas* oder „Kalifeldspat". Einfachste Zusammensetzung: $K_2Al_2(Si_3O_8)_2$. Gewöhnlich ist ein kleiner Teil des Kaliums durch Natrium ersetzt, auch enthält das Silikat häufig geringe Mengen von Calcium, Magnesium und Eisen. Eine Abart ist der „Sanidin" oder „glasige Feldspat". b) *Die Plagioklase.* Sie unterscheiden sich in ihrer Kristallform vom Orthoklas. Ihre wichtigsten Arten sind: der dem Orthoklas gleich zusammengesetzte *Mikroklin*; der *Albit* oder „Natronfeldspat", einfachste Zusammensetzung: $Na_2Al_2(Si_3O_8)_2$; der *Anorthit* oder „Kalkfeldspat": $CaAl_2(SiO_4)_2$. Im Albit pflegt ein Teil des Natriums durch Kalium oder Calcium, im Anorthit ein Teil des Calciums durch Kalium, Natrium oder Magnesium vertreten zu sein. Als Mischungen von Albit und Anorthit sind anzusehen der *Oligoklas* und der *Labrador*. Im ersteren scheint der Albit, im letzteren der Anorthit vorzuherrschen. Beide Mineralien enthalten kein oder nur wenig Kalium.

2. *Die Nephelin- oder Leucitgruppe* mit dem an Kali reichen *Leucit* $K_2Al_2(SiO_3)_4$ und den natronreichen Mineralien *Nephelin* $(NaK)_2Al_2(SiO_4)_2$ und *Sodalith* $3Na_2Al_2(SiO_4)_2 + 2NaCl$. Im Leucit kann ein kleiner Teil des Kaliums durch Natrium vertreten sein, im Nephelin ist das Natrium stets vor dem Kalium vorwiegend.

3. *Die Augit- und Hornblende-Gruppe.* Die wichtigsten Glieder dieser Gruppe, Augit und Hornblende, enthalten stets Calcium und Magnesium, meist auch Eisen. Einige Arten enthalten aufserdem Aluminium, andere nicht. a) *Augit* oder „Pyroxen", einfachste Zusammensetzung: $CaMg(SiO_3)_2$. Der Gehalt an Calcium pflegt den an Magnesium zu überwiegen. Alkalimetalle sind gewöhnlich nicht, Aluminium in geringen Mengen vorhanden. Dem Augit nahe stehen b) der *Enstatit* ($MgSiO_3$), c) der *Hypersthen,* in denen Eisen vorhanden zu sein, das Calcium aber fast ganz zu fehlen pflegt, und d) der *Diallag,* der etwas Aluminium, ziemlich viel Eisen und etwas Wasser enthält. Durch ihre vollkommnere Spaltbarkeit unterscheiden sich die Glieder der Hornblendereihe von denen der Augitreihe, denen sie hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung sehr ähnlich sind. *Hornblende* oder „Amphibol" enthält etwas weniger Calcium und Aluminium als der Augit, dafür fast immer Alkalimetalle.

4. *Die Gruppe der Glimmer.* Die durch ihre grofse Spaltbarkeit ausgezeichneten Glimmer gehören neben den Feldspaten zu den besonders häufig vorkommenden bodenbildenden Mineralien. Sie enthalten neben Aluminium Metalle der Alkalien und alkalischen Erden in so wechselnden Verhältnissen, dafs eine chemische Formel noch nicht aufgestellt werden konnte. Die wichtigsten Glieder der Gruppe sind: a) der *Muscovit* oder „Kaliglimmer", der neben Aluminium und Kalium meistens kleine Mengen Natrium, dagegen Calcium und Magnesium gar nicht oder nur in sehr untergeordneten Mengen enthält; b) der *Biotit* oder „Magnesiaglimmer". Er zeichnet sich durch hohen Gehalt an Magnesium und oft auch an Eisen aus, enthält aber auch stets Kalium und etwas Natrium.

5. *Die Cordieritgruppe.* Der *Cordierit* oder „Dichroit", einfachste Zusammensetzung $Mg_3Al_8(Si_2O_7)_4$, enthält neben dem Aluminium stets gröfsere oder geringere Mengen Eisen und etwas Calcium.

6. *Die Granatgruppe.* Von den in ihrer Zusammensetzung sehr wechselnden Gliedern dieser Gruppe beteiligt sich nur der *gemeine Granat* an der Bodenbildung. Einfachste Zusammensetzung $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$. Meistens enthält er aufser Calcium und Aluminium noch Magnesium und Eisen.

7. *Die Olivingruppe.* Die Silikate dieser Gruppe enthalten als wesentliches Metall nur Magnesium, von dem ein Teil durch Eisen ersetzt ist; das wichtigste ist der *Olivin* oder „Peridot". Einfachste Formel Mg_2SiO_4. Der Gehalt an Eisen ist starken Schwankungen unterworfen.

8. *Die Epidotgruppe.* Der *Epidot* oder „Pistazit“ enthält neben Aluminium noch Calcium und Konstitutionswasser (s. o.). Ein Teil des Aluminiums ist durch Eisen vertreten. Aufserdem enthält er nicht selten, von Einschlüssen herrührend, kleine Mengen Magnesium, Kalium und Natrium.

9. *Die Turmalingruppe.* Die Glieder dieser Gruppe enthalten bei äufserst wechselnder Zusammensetzung stets etwas Konstitutionswasser. Im gemeinen *Turmalin* oder „Schörl“ finden sich neben Aluminium noch Magnesium, Eisen, Alkalimetalle und Wasserstoff, meistens auch Calcium.

Kristallwasser enthalten die Glieder der nun folgenden Gruppen:

10. *Die Chloritgruppe.* Die Silikate der Chloritgruppe entstehen vielfach durch Umwandlung anderer magnesium- und eisenhaltiger Mineralien. Hinsichtlich ihrer Spaltbarkeit nähern sie sich den Glimmern. Der *Chlorit* enthält neben Aluminium noch Magnesium, Eisen und Kristallwasser.

11. *Die Talk- und Serpentingruppe.* Die Glieder dieser Gruppe, die als hauptsächliches Metall Magnesium enthalten, sind aus der natürlichen Umwandlung magnesiumhaltiger Mineralien, namentlich von Olivin (s. o.) hervorgegangen. a) *Talk* oder „Speckstein“. Einfachste Zusammensetzung: $H_2Mg_3(SiO_3)_4$ (wobei das erst bei starkem Glühen entweichende Wasser als Konstitutionswasser angesehen wird); er enthält meist etwas Eisen und Aluminium. b) *Serpentin* $H_2Mg_3(SiO_4)_2 + H_2O$. Ein gröfserer oder kleinerer Teil des Magnesiums ist fast stets durch Eisen vertreten. c) *Glaukonit.* Das Mineral besitzt eine sehr schwankende Zusammensetzung, an der sich Eisen, Kalium und Wasser stets, häufig auch Aluminium und Magnesium, selten aber Calcium beteiligen.

12. *Gruppe der Zeolithe.* Die Zeolithe sind Umwandlungsprodukte anderer Mineralien, namentlich aus der Feldspat- und Leucitgruppe. Sie enthalten neben reichlichen Wassermengen Calcium oder Natrium oder beide Elemente, meist auch Aluminium, nicht selten Kalium und Magnesium, diese aber nur in geringen Mengen. Zu den wichtigeren Gliedern der Gruppe gehören: a) der *Mesotyp* mit den Unterarten Natrolith $Na_2Al_2Si_3O_{10} + 2H_2O$ und Skolezit $CaAl_2Si_3O_{10} + 3H_2O$, b) der *Analcim* $Na_2Al_2(SiO_3)_4 + 2H_2O$, c) der *Stilbit* $CaAl_2Si_6O_{16} + 5H_2O$.

13. *Die Gruppe der Tonmineralien.* So wichtig die Tonmineralien für die Bodenbildung sind, so grofse Schwierigkeiten stellen sich ihrer Erforschung in den Weg. Sie sind durchweg Verwitterungsprodukte von aluminiumhaltigen Mineralien, namentlich von Feldspaten, in den verschiedensten Stadien der Umwandlung. Von Metallen überwiegt stets das Aluminium, jedoch findet sich häufig auch ein gröfserer oder geringerer Gehalt an Eisen, Calcium, Magnesium. Am besten bekannt ist der *Kaolin* („Porzellanerde“) $H_2Al_2(SiO_4)_2 + H_2O$. Er enthält aufser dem Kristallwasser noch Konstitutionswasser (§ 13), das erst bei sehr hoher Temperatur sich verflüchtigt. —

§ 15. Einen *Überblick über den prozentischen Gehalt* der oben besprochenen Mineralien an den wichtigeren bodenbildenden Bestandteilen gewährt die folgende Tabelle. Soweit sich aus den vorhandenen Analysen eine chemische Formel für die Zusammensetzung der Silikate herleiten läfst, ist diese mit aufgeführt, und es sind dann allermeist die hieraus berechneten prozentischen Zahlen (die „theoretische“ oder „schematische“ Zusammensetzung) angegeben worden. Bei der so aufserordentlich schwankenden Zusammensetzung der Silikate können diese Zahlen natürlich nur einen ungefähren Anhalt bieten. In einigen Fällen und überall da, wo die Aufstellung eines chemischen Ausdrucks noch nicht gelungen ist, wurden nur die aus den vorliegenden chemischen Analysen entnommenen Grenzwerte[1]) eingestellt. Bei einem jeden der in die Tabelle aufgenommenen Silikate sind in Kleindruck dann noch die Bestandteile angefügt, welche stets, gewöhnlich oder selten, in gröfseren oder geringeren Mengen an seiner Zusammensetzung teilnehmen.

(Siehe die Tabelle auf Seite 34 und 35.)

Ordnet man die in der umstehenden Tabelle aufgeführten Mineralien in absteigender Reihe nach dem prozentischen Gehalt an bodenbildenden Bestandteilen, wie er sich aus der chemischen Formel sowie aus den Analysen ergibt, so erhält man die folgenden Reihen.

a) *Nach dem Gehalt an Kali* (K_2O) (Kaligehalt sinkt von ca. 21,5 bis auf ca. 3 %): Leucit — Orthoklas (Sanidin, Mikroklin) — Muscovit (Kaliglimmer) — Biotit (Magnesiaglimmer) — Nephelin — Glauconit.

b) *Nach dem Gehalt an Natron* (Na_2O) (Natrongehalt sinkt von ca. 19 bis auf ca. 4 %): Sodalith — Natrolith — Nephelin — Analcim — Albit — Oligoklas — Labrador.

c) *Nach dem Gehalt an Kalk* (CaO) (Kalkgehalt sinkt von ca. 37 bis auf ca. 2 %): Granat — Epidot (Pistazit) — Augit — Anorthit — Skolezit — Labrador — Hornblende — Stilbit — Oligoklas.

d) *Nach dem Gehalt an Magnesia* (MgO) (Magnesiagehalt sinkt von ca. 57 bis auf ca. 10 %): Olivin (Peridot) — Serpentin — Talk (Speckstein) — Biotit (Magnesiaglimmer) — Chlorit — Hornblende (Amphibol) — Augit (Pyroxen) — Cordierit (Dichroit) — Turmalin.

e) *Nach dem Gehalt an Eisenoxydul* (FeO) (Eisenoxydulgehalt sinkt von ca. 30 bis auf ca. 2 %): Olivin — Talk — Augit — Hornblende.

f) *Nach dem Gehalt an Eisenoxyd* (Fe_2O_3) (Eisenoxydgehalt sinkt von ca. 16 bis auf ca. 0,5 %): Epidot — Hornblende — Cordierit — Augit.

g) *Nach dem Gehalt an Tonerde* (Al_2O_3) (Aluminiumoxydgehalt sinkt von ca. 40 bis auf ca. 4 %): Kaolin — Turmalin — Anorthit — Muscovit

[1]) Allermeist der „Allgemeinen und Chemischen Geologie“ von J. Roth Bd. 1 — Berlin 1879, entnommen.

Übersicht über die prozentische Zusammensetzung der wichtigsten bodenbildenden Silikate.

Bezeichnung des Silikates	Einfachster chemischer Ausdruck	Prozentischer Gehalt an						
		Wasser H_2O	Kieselerde SiO_2	Tonerde Al_2O_3	Kali K_2O	Natron Na_2O	Kalk CaO	Magnesia MgO
1. Feldspate:								
Orthoklas (Kalifeldspat), Sanidin, Mikroklin	$K_2Al_2(Si_3O_8)_2$	—	64,6	18,59	16,9	—	—	—
		Kleine Mengen CaO, MgO, Fe_2O_3 und 2—3 % Na_2O						
Plagioklase: Albit	$Na_2Al_2(Si_3O_8)_2$	—	68,6	19,6	—	11,8	—	—
		Außerdem CaO, Fe_2O_3						
Plagioklase: Anorthit	$CaAl_2(SiO_4)_2$	—	43,0	36,9	—	—	20,1	—
		Außerdem Fe_2O_3, K_2O und Na_2O						
Plagioklase: Oligoklas[1])	[1])	—	66,5—61,9	21,0—24,1	—	10,9—8,7	1,6—5,3	—
		Außerdem MgO, Fe_2O_3, K_2O						
Plagioklase: Labrador[2])	[2])	—	55,4—49,2	28,5—32,7	—	5,7—2,8	10,4—15,3	—
		Außerdem MgO, Fe_2O_3, K_2O						
2. Nephelin- u. Leucitgruppe:								
Leucit	$K_2Al_2(SiO_3)_4$	—	54,9	23,6	21,5	—	—	—
		Außerdem stets Na_2O, bisweilen CaO und FeO						
Nephelin	$(NaK)_2Al_2(SiO_4)_2$	—	45,0—45,3	33,1—34,5	4,4—5,1	15,6—17,2	—	—
		Außerdem bisweilen CaO						
Sodalith	$3Na_2Al_2(SiO_4)_2 + 2NaCl$	—	37,0	31,8	—	19,2	—	—
		Außerdem 4,7 % Na an 7,3 % Cl geb. Oft kleine Mengen K_2O, auch CaO, Na_2O, Fe_2O_3						
3. Augit und Hornblende:								
Augit (Pyroxen)	$CaMg(SiO_3)_2$	—	47—52	4—9	—	—	20—23	13—16
		Enthält fast stets FeO, keine Alkalien						
Hornblende (Amphibol)	Ebenso	—	38—52	4—15	—	—	10—12	12—23
		Enthält meist FeO, Fe_2O_3 und Alkalien (bis 11 %)						

4. Glimmergruppe: Kaliglimmer (Muscovit)	$K_3Al_3(SiO_4)_3$	--	46—50	25—35	8—12	—	—	--
		Daneben meist Fe_2O_3 (—88 %), häufig etwas Na_2O (—4,1 %), bisweilen etwas CaO, MgO						
Magnesiaglimmer (Biotit)	$MgAl_2(SiO_4)_2$	—	39—44	6—34	—	—	—	10—30
		Aufsd. mst. H_2O, FeO (—23,4 %), Fe_2O_3 (37,4 %), häufig K_2O (— 10,6 %), Na_2O (—5,4 %)						
5. Cordierit (Dichroit)	$Mg_8Al_6(Si_2O_7)_4$	—	52,8	34,0	—	—	—	13,2
		Enthält stets etwas Eisenoxyd (—9 %) und kleine Mengen CaO						
6. Gemeiner Granat	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	—	40,0	22,8	—	—	37,2	—
		Daneben fast immer Fe_2O_3 (—31,5 %) und MgO						
7. Olivin (Peridot)	Mg_2SiO_4	—	42,9	—	—	—	—	57,1
		Ein großer Teil der MgO fast stets durch FeO ersetzt (8—30 % FeO)						
8. Epidot (Pistazit)		ca. 2	36—40	18—29	—	—	21—25	—
		Außerdem 7—17 % Fe_2O_3						
9. Turmalin		—	ca. 38	30—40	—	—	—	—
		Daneben meist größ. Mengen (10—13 %) MgO, wenig K_2O, Na_2O, CaO, FeO u. H_2O						
10. Chlorit		9—12	25—28	19—23	—	—	—	13—25
		Außerdem 15—29 % FeO und MgO						
11. Talk und Serpentine: Talk (Speckstein)	$H_2Mg_3(SiO_3)_4$	4,8	63,5	—	—	—	—	31,7
		Außerdem bisweilen wenig Al_2O_3 und FeO						
Serpentin	$H_2Mg_3(SiO_4)_2 + H_2O$	13,0	43,5	—	—	—	—	43,5
		Daneben meist FeO (bis 10 %), wenig CaO, Al_2O_3, Fe_2O_3						
Glaukonit		5—15	47—58	—	3—9	—	—	—
		Außerd. 3—22 % FeO, oft Al_2O_3 (—10 %), Fe_2O_3 (—22 %) u. wenig CaO (—2,4 %)						
12. Zeolithe: Mesotyp, a) Natrolith	$Na_2Al_2Si_3O_{10} + 2H_2O$	9,4	47,3	27,0	—	16,3	—	—
		Außerdem etwas K_2O und CaO						
b) Skolezit	$CaAl_2Si_3O_{10} + 3H_2O$	13,8	45,8	26,1	—	—	14,3	—
		Daneben etwas K_2O und Na_2O						
Analcim	$Na_2Al_2(SiO_3)_4 + 2H_2O$	8,2	54,4	23,3	—	14,1	—	—
		Daneben etwas K_2O und CaO						
Stilbit	$CaAl_2Si_6O_{16} + 5H_2O$	14,8	59,1	16,9	—	—	9,2	—
		Außerdem etwas K_2O und Na_2O						
13. Kaolin	$H_2Al_2(SiO_4)_2 + H_2O$	13,9	46,4	39,7	—	—	—	—
		Außerdem meist K_2O, Na_2O, CaO, MgO, FeO, Fe_2O_3 und oft CO_2.						

[1]) 6—3 Molekule Albit verbunden mit 1—2 Molekulen Anorthit.

[2]) 1 Molekul Albit verbunden mit 2—6 Molekulen Anorthit.

— Cordierit — Nephelin — Biotit — Sodalith — Labrador — Natrolith — Skolezit — Leucit — Analcim — Granat — Oligoklas — Epidot — Chlorit — Albit — Orthoklas — Stilbit — Augit — Hornblende.

h) *Nach dem Gehalt an Kieselerde* (SiO_2) (Siliciumdioxydgehalt sinkt von ca. 68 bis auf ca. 25 %): Albit — Orthoklas — Oligoklas — Talk — Stilbit — Leucit — Labrador — Analcim — Glauconit — Cordierit — Augit — Muscovit — Hornblende — Skolezit — Kaolin — Nephelin — Anorthit — Olivin — Biotit — Granat — Epidot — Turmalin — Chlorit.

§ 16.

Das chemische Verhalten der Silikate. In reinem Wasser leicht löslich sind nur gewisse Silikate, deren Vorkommen in der Natur noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen (wenn auch wahrscheinlich) ist, die sich aber auf künstlichem Wege leicht herstellen lassen: das *Kaliumsilikat* („Kaliwasserglas") und das *Natriumsilikat* („Natronwasserglas"). Durch heifses Wasser wird aus den meisten *natürlichen Silikaten* etwas gelöst und dadurch dem ersteren eine alkalische Reaktion mitgeteilt. Erfolgt das Erhitzen mit Wasser unter Druck, so lösen sich die meisten Kristallwasser enthaltenden Silikate (Zeolithe, s. o.) auf, um beim Erkalten wieder auszukristallisieren; andere Silikate werden dadurch in einen in Wasser löslichen, alkalisch reagierenden, und in einen unlöslichen Teil zerspalten.

Auch gegen Säuren verhalten sich die verschiedenen Silikate sehr verschieden. Die in Wasser löslichen werden schon durch schwache Säuren, z. B. Kohlensäure, Weinsäure, Zitronensäure, mit Leichtigkeit zersetzt. Bei den übrigen erfolgt eine schnellere Zersetzung unter Abscheidung von Kieselsäure nur unter dem Einflufs stärkerer Säuren, z. B. von Salzsäure. Durch diese (im verdünnten Zustande) werden die Zeolithe schon bei gewöhnlicher Temperatur vollständig in Kieselsäure und Chlorverbindungen gespalten; auf Anorthit, Leucit u. a. wirkt erst konzentrierte Säure ein, während bei wieder anderen, z. B. bei Cordierit, Augit, Chlorit, Oligoklas, unter gewöhnlichem Druck die Zerlegung nur unvollständig erfolgt.

Trotz der Widerstandsfähigkeit der natürlichen Silikate gegen schwache Säuren bringt die *Kohlensäure* im Verein mit Wasser und Sauerstoff doch allmählich grofse Veränderungen in ihnen hervor. In den eisenoxydulhaltigen wird unter dem Einflufs des Luftsauerstoffs das Eisenoxydul in Eisenoxyd umgewandelt ($2FeO + O = Fe_2O_3$) und dadurch der Zusammenhalt der Bestandteile gelockert. Kohlensäurehaltiges Wasser führt allmählich das Kalium und Natrium, das Calcium, Magnesium und Eisen der Silikate in lösliche Kohlensäure-Salze über, die dann durch das Wasser ausgewaschen und entfernt werden, während wasserhaltige Silikate (Zeolithe) zurückbleiben. Durch Berührung mit anderen Salzen werden ferner

Wechselzersetzungen herbeigeführt, die die Entstehung andersartiger Silikate zur Folge haben.

Diesen Vorgängen, deren Chemismus im folgenden noch eingehender besprochen werden wird, ist es zuzuschreiben, dafs ein Teil der oben aufgeführten Silikate als Abkömmlinge eines anderen Teils derselben angesehen werden mufs. So gehen z. B. der *Cordierit,* der *Turmalin* in *Glimmer* über. Von den Glimmern ist der *Kaliglimmer,* obwohl er bei seiner grofsen Spaltbarkeit durch mechanische Einflüsse in äufserst feine Blättchen zerteilt wird, äufserst widerstandsfähig, dagegen erleidet der *Magnesiaglimmer* eine Umwandlung in reine Magnesiumsilikate oder in Glieder der *Chloritgruppe.* Auch der *Chlorit* wird trotz seiner grofsen Spaltbarkeit nur schwer von den natürlichen Agentien angegriffen, wandelt sich jedoch allmählich unter Abscheidung von Kieselerde in Form von Quarz und Chalcedon in Magnesiumkarbonat um. Im *Olivin* geht das Eisenoxydul durch Aufnahme von Sauerstoff in Eisenoxyd, der Rest in Serpentin, und dieser häufig in Magnesiumkarbonat oder in Magnesiumoxyd (MgO, „Brucit") über.

Von den Gliedern der *Augitgruppe* zerfällt der gemeine *Augit* unter Abgabe von Calcium und Magnesium (in Form von Karbonaten, s. u.) und unter Aufnahme von Aluminium, Eisen und Kalium verhältnismäfsig schnell in eine zerreibliche, meist Kaliumkarbonat und Calciumkarbonat enthaltende Masse, genannt „Grünerde", die sich gewöhnlich in einen eisenreichen Ton umsetzt. Letzterer ist auch das schliefsliche Umwandlungsprodukt der an sich schwerer zersetzlichen *Hornblende,* aus der jedoch anfangs andere Silikate entstehen, als aus dem Augit (Epidot, Asbest, Glimmer, Chlorit).

Von den Feldspaten verhält sich der *Orthoklas* am widerstandsfähigsten, obwohl auch er unter dem Einflufs der natürlichen Agentien allmählich in Kaolin umgewandelt wird. Weit leichter verändern sich die *Plagioklase,* und zwar meist um so leichter, je mehr Calcium, um so schwieriger, je mehr Natrium sie enthalten. Besonders gern gehen sie in die wasserhaltigen *Zeolithe* über. Von allen natürlich vorkommenden Silikaten sind die Glieder der *Nephelingruppe* und die *Zeolithe* die unbeständigsten. Schon in trockener Luft geben sie einen Teil ihres Wassers ab, um ihn in feuchter Luft wieder aufzunehmen. Wasser und Kohlensäure entziehen ihnen leicht die Metalle der Alkalien und alkalischen Erden und lassen einfache Aluminiumsilikate (Tone) zurück. Unter dem Einflufs von Salzlösungen tauschen sie aufserordentlich schnell ihre Metalle gegen die der Lösungen aus, ein Verhalten, das für die „Bodenabsorption" von gröfster Bedeutung und bei deren Besprechung eingehender zu erörtern ist.

Die *Tonmineralien* entwickeln beim Anfeuchten einen eigentümlichen Geruch (Tongeruch). Im trockenen Zustande saugen sie sehr begierig Wasser auf. Mit Wasser angerührt bilden sie eine formbare (plastische) Masse, die beim Austrocknen hart und rissig wird. Der festen Zusammenlagerung der kleinen Tonteilchen wirkt die Anwesenheit gewisser Stoffe, namentlich von Pflanzenresten und von Calciumverbindungen entgegen. Auch lösliche Salze, z. B. Chlorverbindungen, können die dichte Lagerung zeitweilig, aber nicht auf die Dauer verhindern, weil sie der Auswaschung unterliegen, worauf dann ein um so festerer Zusammenschlufs der Tonpartikel zu erfolgen pflegt. In reinem Wasser verteilt, bleiben die kleinen Tonteile aufserordentlich lange schwebend. Ein Zusatz leicht löslicher Salze, z. B. von Sulfaten und Chloriden des Magnesiums, Calciums, Kaliums, Natriums, zu der trüben Flüssigkeit bewirkt das Zusammentreten der Teilchen zu Flocken, die unter Klärung des Gemisches sich dann schnell absetzen.

§ 17.

Die **kohlensauren Salze** oder **Karbonate** beteiligen sich gleichfalls in grofsem Umfang an der Bodenbildung, sowie auch an dem Aufbau tierischer Organismen. Die Knochen bestehen zu einem kleineren Teil, die Muschel- und Schneckengehäuse sowie die Eierschalen zum gröfseren Teil aus Calciumkarbonat.

Kohlendioxyd, Kohlensäure, Karbonate. Chemischer Charakter. *Chemisch* betrachtete man früher die *Karbonate* als Verbindungen von Metalloxyden mit Kohlendioxyd, die man als „Kohlensäure" bezeichnete (§ 9). Das Kohlendioxyd, eine gasförmige Verbindung von 1 Atom Kohlenstoff mit 2 Atomen Sauerstoff: CO_2, wird bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Körper, sowie bei deren Verwesung, Fäulnis und Gärung gebildet und ferner durch den tierischen Atmungsprozefs der atmosphärischen Luft zugeführt. Auf 1 Raumteil Sauerstoff + Stickstoff enthält die letztere 0,0003—0,0004 Raumteile Kohlendioxyd, oder es beträgt der Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlendioxyd 0,029 Volumprozent (0,044 Gewichtsprozent). Fast alle natürlichen Wässer enthalten Kohlendioxyd gelöst. Da die Bodenluft reicher an diesem Gase zu sein pflegt als die atmosphärische Luft, so ist auch der Kohlendioxydgehalt des unterirdischen Wassers gröfser als der des oberflächlich fliefsenden. Besonders reich an Kohlendioxyd sind gewisse Mineralquellen, die man als „Säuerlinge" bezeichnet.

Da Wasser, worin Kohlendioxyd gelöst ist, einen säuerlichen Geschmack besitzt und blaue Pflanzenfarben in rote überführt, so ist man zu der Annahme berechtigt, dafs es die wirkliche *Kohlensäure* H_2CO_3 enthält, eine Verbindung von so geringer Beständigkeit, dafs sie bereits beim Abdunsten des Wassers wieder in Kohlendioxyd und Wasser zerfällt:

$H_2CO_3 = H_2O + CO_2$. Als Salze dieser Säure sieht man die natürlich vorkommenden normalen und sauren (§ 9) Karbonate an.

Von den normalen Karbonaten lösen sich nur die der Alkalimetalle in reinem Wasser, die sauren sind sämtlich löslich.

1. *Karbonate der Alkalimetalle*. *Kaliumkarbonat* findet sich in der Natur als Bestandteil des Boden- und Flufswassers, *Natriumkarbonat* als Gemenge von normalem und saurem Salz, aufserdem als Belag („Ausschwitzung", „Efflorescenz") auf natriumhaltigen Gesteinen und Böden und als („Trona" genannter) Rückstand bei der Austrocknung der sogenannten „Natronseeen". *Ammoniumkarbonat*[1]) findet sich in manchen Guanos; es entsteht bei der Zersetzung des im tierischen Harn enthaltenen Harnstoffs (daher Bestandteil des Stalldüngers), wie auch bei der Fäulnis anderer stickstoffhaltiger Stoffe. Die atmosphärische Luft enthält Spuren dieses flüchtigen Körpers, die mit den atmosphärischen Niederschlägen dem Boden zugeführt werden. Das für die Bodenbildung weitaus bedeutsamste kohlensaure Salz ist:

2. Das *normale Calciumkarbonat* $CaCO_3$. In völlig reinem Zustand liefert es bei seiner Zersetzung (§ 4) 56 % Calciumoxyd (CaO) und 44 % Kohlendioxyd (CO_2). In der Natur kommt es hauptsächlich in folgenden Mineralien vor: *Kalkspat* (kristallisiert), Marmor und Kalkstein (kristallinisch oder dicht), ferner Tropfstein, Kalktuff und Kreide. *Tropfstein* findet sich in Kalksteinhöhlen und hat sich hier aus wäfsriger Lösung in eigentümlichen Formen („Stalaktiten" und „Stalagmiten") ausgeschieden. Der *Kalktuff* ist als ein Absatz von Calciumkarbonat aus Wasser unter der Mitwirkung von Kohlensäure entziehenden Pflanzen anzusehen (s. u.), und die *Kreide* verdankt zum grofsen Teil mikroskopischen tierischen Wesen ihren Ursprung.

3. Des weiteren beteiligen sich an der Bodenbildung der *Magnesit* (Talkspat), ein normales *Magnesiumkarbonat* $MgCO_3$, im reinen Zustande 47,6 % Magnesia (MgO) und 52,4 % Kohlendioxyd (CO_2), meistens aber noch etwas Eisen und andere Metalle enthaltend. Gröfsere Bedeutung besitzt ein Mineral, das als ein Doppelkarbonat von Magnesium und Calcium angesehen werden kann: der *Dolomit* („Bitterkalk"), gewöhnlich zusammen-

---

[1]) Das namentlich bei der Zersetzung stickstoffhaltiger pflanzlicher und tierischer Stoffe sich bildende Ammoniak vereinigt sich mit Säuren zu Salzen, in denen man das Vorhandensein einer festgefügten Atomgruppe (eines „Radikals", § 8) genannt Ammonium (NH_4) annimmt, z. B.: $\underset{\text{Ammoniak}}{NH_3} + \underset{\text{Chlorwasserstoffsäure}}{HCl} = NH_4Cl$ (Chlorammonium) oder $NH_3 + \underset{\text{Salpetersäure}}{HNO_3} = NH_4NO_3$ (Salpetersaures Ammonium). Die Ammoniumverbindungen zeigen ein sehr ähnliches Verhalten wie die Kalium- und Natriumverbindungen.

gesetzt nach der Formel $CaCO_3$, $MgCO_3$, sehr oft aber auch mehr Calciumkarbonat enthaltend und dann als *dolomitischer Kalk* bezeichnet. Vielfach verbreitet ist endlich ein *Ferrokarbonat* (§ 9), der *Spateisenstein* oder *Eisenspat* $FeCO_3$ (bei anderer Struktur *Sphärosiderit* genannt). In gewissen, durch Mangel an *Luftsauerstoff ausgezeichneten* Böden finden sich nicht selten weifse nester- oder schichtenförmige Ablagerungen von reinem Eisenkarbonat.

§ 18.

Das chemische Verhalten der Karbonate. In reinem Wasser sind die normalen Karbonate so gut wie unlöslich. Kohlensäurehaltiges Wasser löst dagegen auch den härtesten Kalkstein allmählich auf, indem dadurch das normale kohlensaure Salz in ein lösliches saures Karbonat übergeführt wird: $CaCO_3 + H_2O + CO_2 = H_2Ca(CO_3)_2$. Ein gleichzeitiger Gehalt des Wassers an gewissen Salzen, z. B. an Natrium- oder Magnesiumsulfat oder Magnesiumchlorid, kann die Löslichkeit noch dadurch erhöhen, dafs diese zum Teil mit dem Karbonat eine chemische Umsetzung erleiden, wobei das auch in reinem Wasser weit leichter lösliche Calciumsulfat oder das sehr leicht lösliche Calciumchlorid entsteht: $MgSO_4 + CaCO_3 = CaSO_4 + MgCO_3$. (Umgekehrt aber kann aus Magnesiumkarbonat und Calciumsulfat durch Wechselzersetzung[1]) auch Calcium-

[1]) *Wechselzersetzung.* Wenn Salze verschiedener Säuren und Metalle miteinander in Berührung kommen, so gehen sie entweder vollständig oder teilweise in neue Salze über; *vollständig*, wenn eines der neu entstehenden Salze aus dem Bereich der chemischen Einwirkung entfernt wird, z. B. ein sich verflüchtigender oder ein von den vorhandenen Agentien nicht mehr angreifbarer, unlöslicher Körper ist, — *unvollständig*, wenn auch die neu entstandenen Salze in Lösung bleiben und daher fähig sind, sich gegenseitig und mit den ursprünglichen Salzen chemisch zu beeinflussen. Bringt man Lösungen von Natriumchlorid und Silbernitrat zusammen, so vollzieht sich eine vollständige Umsetzung nach der Gleichung: $NaCl + AgNO_3 = AgCl + NaNO_3$, weil das Silberchlorid $AgCl$ ein unlöslicher Körper und daher der chemischen Einwirkung der vorhandenen Stoffe entzogen ist. Sind dagegen die neu entstehenden Salze löslich und daher chemischer Einwirkung unterworfen, so bleibt ein gewisser Teil der ursprünglichen Salze, dessen Gröfse sich nach dem Grade der chemischen Verwandtschaft und nach der vorhandenen Masse der verschiedenen Salzbestandteile richtet, unverändert. Tritt z. B. zu einer Lösung von Natriumchlorid eine solche von Calciumsulfat, so enthält die Flüssigkeit folgende vier Salze: Natriumchlorid, Natriumsulfat, Calciumchlorid, Calciumsulfat, die sich, wie man zu sagen pflegt, „im chemischen Gleichgewicht halten". Wird durch Entfernung oder durch Unlöslichwerden eines Salzes dieses Gleichgewicht gestört, so schreitet die Umsetzung solange weiter, bis wieder Gleichgewicht herrscht. Dieses Verfahren ist, wie wir später erkennen werden, für die Bildung, die Eigenschaften und namentlich für das „Absorptionsvermögen" des Bodens von grofser Bedeutung.

karbonat und Magnesiumsulfat entstehen, wenn Calciumsulfat gegenüber dem Magnesiumkarbonat im Überschufs vorhanden ist.) Infolge der Löslichkeit der Karbonate in kohlensäurehaltigem Wasser enthalten alle mit Kalkgesteinen in Berührung kommenden natürlichen Wässer Karbonate; da aber das saure Calciumkarbonat schon beim Stehen seiner Lösung an der Luft unter Abscheiden von Kohlendioxyd und Wasser sich zersetzt, so bilden sich aus solchen Wässern leicht Absätze von normalem Calcium- (oder Magnesium-) Karbonat: $H_2Ca(CO_3)_2 = H_2O + CO_2 + CaCO_3$. Ferrokarbonat verhält sich gegen kohlensäurehaltiges Wasser ebenso wie Calcium- und Magnesiumkarbonat und findet sich daher gleichfalls als saures Salz sehr häufig in den natürlichen Wässern („Eisenquellen"), gelöst aber nur solange, als diese unterirdisch fliefsen. Sobald sie mit dem Luftsauerstoff in Berührung kommen, tritt eine Oxydation des Eisens und eine Spaltung des Salzes unter Abscheidung von Kohlendioxyd ein, die nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Saures Ferrokarbonat}}{2H_2Fe(CO_3)_2} + O + H_2O = \underset{\text{Ferrihydroxyd}}{Fe_2(OH)_6} + 4CO_2$$

verläuft und sich durch die Bildung eines schillernden Häutchens auf der Oberfläche und durch einen rotgefärbten Absatz von Eisenschlamm („Eisenocker") auf dem Grunde des Wassers bemerklich macht. Durch *starkes Erhitzen* werden die Karbonate zerlegt, indem Kohlendioxyd entweicht und Metalloxyd („gebrannter Kalk", „gebrannte Magnesia") zurückbleibt. Ferrokarbonat setzt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unter Verlust von Kohlendioxyd in Eisenoxyd oder Eisenhydroxyd um $2FeCO_3 + O = \mathbf{Fe_2O_3} + 2CO_2$; $2FeCO_3 + O + 3H_2O = \mathbf{Fe_2(OH)_6} + 2CO_2$.

Selbst schwache Säuren, wie Essigsäure, Zitronensäure, Humussäuren, sind imstande, die Karbonate unter Abscheidung von Kohlendioxyd und Bildung eines Salzes der einwirkenden Säure zu zerlegen. Dabei erweist sich das Magnesiumkarbonat schwerer zersetzbar als die Calciumkarbonate.[1])

Die Wirkung, die die Karbonate, namentlich das Calciumkarbonat, auf organische Stoffe ausüben, wird später erörtert werden.

§ 19.

Die phosphorsauren Salze oder Phosphate. Die Phosphorsäure H_3PO_4 oder $PO(OH)_3$, nach früherer Anschauung $P_2O_5, 3H_2O$ (§ 9), bildet drei Reihen von Salzen (Phosphaten).

---

[1]) Die Dolomite werden selbst von stärkeren Säuren, z. B. von Salzsäure, erst nach feinem Zerreiben oder bei höherer Temperatur unter Aufbrausen (Entweichen von Kohlendioxyd) zersetzt, was für die Erkennung der sogenannten dolomitischen Mergel wichtig ist.



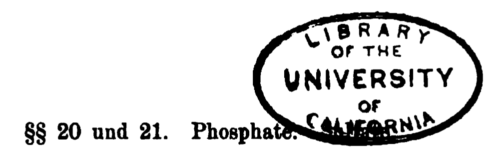
Die in der Natur vorkommenden Phosphate sind fast ausnahmslos normale Salze.

1. Am verbreitetsten ist das *Calciumphosphat* $Ca_3(PO_4)_2$, im reinen Zustande 45,8 % Kalk (CaO) und 54,2 % Phosphorsäureanhydrid (P_2O_5) enthaltend. Ein Doppelsalz von Calciumphosphat und Calciumchlorid (oder auch Calciumfluorid) ist der *Apatit:* $3Ca_3(PO_4)_2 + CaCl_2$ mit einem durchschnittlichen Gehalt von 41—42 % Phosphorsäureanhydrid (P_2O_5). Der Apatit ist als Nebenbestandteil zahlreicher Mineralien in mikroskopischer Verteilung aufserordentlich verbreitet und kommt auch in selbständigen Ablagerungen von beträchtlicher Ausdehnung vor. Calciumphosphat, vielleicht stets aus dem Apatit als „Urphosphat“ mittelbar oder unmittelbar hervorgegangen, bildet ferner den Hauptbestandteil zahlreicher, den verschiedensten Schichten der Erdrinde angehöriger Mineralien, so der *Phosphorite von Estremadura*, von der *Lahn*, der sogenannten *Koprolithe*, der *Delme-* und *Lot-Phosphate*, der *Pseudokoprolithe*, der *Karolina-* und *Floridaphosphate*, der *Algierphosphate*, der *belgischen Phosphatkreide*, der *Sommephosphate*, der *Navassa-*, *Sombrero-*, *Curaçaophosphate*, endlich der *Guanoarten: Peru-, Baker-, Howland-, Malden-, Jarvis-Guano* u. a. m.

Der mineralische Teil der *Knochen*, *Gräten* und *Zähne* besteht fast ausschliefslich aus Calciumphosphat, aufserdem ist dieses Salz in anderen tierischen Körperteilen, sowie in den festen Ausscheidungen des Tierleibes in verhältnismäfsig grofsen Mengen vertreten, und zweifellos ist ein Teil der soeben genannten Phosphatmineralien, namentlich die als „Guano“ und als „Koprolithe“ bezeichneten, unmittelbar aus der Verwesung von tierischen Stoffen hervorgegangen. Diesen verdanken auch die in den *Korallen*, in der *Kreide* und manchen *Mergeln* sich findenden Phosphate ihr Dasein. Als Nebenbestandteile finden sich meist Eisen, Aluminium, Magnesium als Oxyde, Karbonate oder Phosphate.

2. Ein Aluminiumphosphat ist das Mineral *Wawellit*. Sehr grofse Verbreitung besitzen weiterhin die Eisenphosphate, und zwar als *Vivianit* (Blaueisenerde), ein wasserhaltiges Ferrophosphat von der Zusammensetzung: $Fe_3(PO_4)_2 + 8H_2O$, welches namentlich in Niederungsmoorböden und in humosen Tonböden gefunden wird, ursprünglich eine weifse Farbe hat, aber beim Liegen an der Luft infolge teilweiser Oxydation sich bläut und ferner als Eisenoxydphosphat (Ferriphosphat) $Fe_2(PO_4)_2 + 4H_2O$ (auch die einfachere Formel $FePO_4 + 2H_2O$ wird verwendet) oder „basisches“[1]) Ferriphosphat, z. B.: $Fe_2(PO_4)_2$, $Fe_2(OH)_6$ (oder auch $FePO_4$, $Fe(OH)_3$), namentlich als Bestandteil des Raseneisensteins (s. u.).

[1]) Die „basischen Salze“ (der neueren chemischen Ausdrucksweise) kann man als Verbindungen eines normalen Salzes mit einem Hydroxyd ansehen.



§ 20. *Chemisches Verhalten der natürlichen Phosphate.* In reinem Wasser lösen sich die natürlich vorkommenden Phosphate nur sehr schwierig. Ein Gehalt des Wassers an gewissen Salzen, z. B. an Natriumchlorid, Natriumnitrat, erhöht die Löslichkeit, noch mehr ein Gehalt des Wassers an Kohlensäure. Übrigens verhalten sich die verschiedenen Phosphate gegenüber diesen Lösungsmitteln sehr verschieden. Stärkere Mineralsäuren, wie Salzsäure und Schwefelsäure, lösen alle Phosphate leicht auf unter Bildung von saurem Phosphat und einem Salz der verwendeten Säure, z. B.:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 = H_4Ca(PO_4)_2 + 2CaSO_4$$ [1]

Tricalcium-phosphat — Schwefel-säure — Monocalcium-phosphat — Calciumsulfat.

In gleicher Weise wirken freie Humussäuren auf die normalen Phosphate ein, wenn sie in grofser Menge vorhanden sind, wie das z. B. bei den sogenannten Hochmoorböden (s. u.) der Fall ist.

§ 21.

Die schwefelsauren Salze oder Sulfate. *Chemischer Charakter und Vorkommen.* Die Schwefelsäure H_2SO_4 oder $SO_2(OH)_2$ bildet, da sie 2 durch Metalle vertretbare Wasserstoffatome enthält, normale und saure Salze. Nur die normalen Salze spielen in der Natur eine Rolle. An der Bodenbildung beteiligt sich nur das Calciumsulfat, während schwefelsaure Salze des Kaliums, Natriums und Magnesiums in natürlichen Wässern gelöst und in manchen Salzablagerungen angehäuft vorkommen. So finden sich über dem gewaltigen Steinsalzlager des Magdeburg-Harzer Beckens (Stafsfurt) abgesehen von reinem Calciumsulfat die folgenden, zweifellos aus verdunstendem Meerwasser abgeschiedenen und durch chemische Einwirkung aufeinander allermeist in Doppelsalze und noch kompliziertere Verbindungen umgewandelten Sulfate: *Kieserit,* wasserhaltiges Magnesiumsulfat: $MgSO_4, 2H_2O$; *Schönit,* ein wasserhaltiges Doppelsalz von Magnesiumsulfat und Kaliumsulfat: $MgSO_4, K_2SO_4 + 6H_2O$; *Krugit,* eine chemische Verbindung von Magnesiumsulfat, Calciumsulfat, Kaliumsulfat und Wasser: $MgSO_4, 4CaSO_4, K_2SO_4 + 2H_2O$; *Polyhalit,* eine Verbindung derselben Sulfate in etwas anderen Mengenverhältnissen: $MgSO_4, 2CaSO_4, K_2SO_4 + 2H_2O$; *Kainit,* eine chemische Verbindung von Magnesiumsulfat, Kaliumsulfat, Magnesiumchlorid und Wasser: $MgSO_4, K_2SO_4, MgCl_2 + 6H_2O$; *Glauberit,* ein wasserfreies Doppelsalz von Natriumsulfat und Calciumsulfat: Na_2SO_4,

---

[1] Man nennt diesen Prozefs das „Aufschliefsen" der Phosphate und benutzt ihn, um leicht lösliche Phosphorsäuredüngemittel zu gewinnen. Das Gemenge von Monocalciumphosphat und Calciumsulfat bezeichnet man in der Düngertechnik als „Superphosphat".

$CaSO_4$ u. a.[1]) Das verbreitetste Sulfat ist das *Calciumsulfat*: $CaSO_4$, im wasserfreien Zustande als *Anhydrid*, im wasserhaltigen ($CaSO_4 + 2H_2O$) als *Gips* (öfters im Gemenge mit Calciumkarbonat als „Gipsmergel") auftretend. Im reinen Zustande enthält das Anhydrid 41,2 % Kalk (CaO) und 58,8 % Schwefelsäure (SO_3), der Gips 32,6 % Kalk und 46,5 % Schwefelsäure neben 20,9 % Wasser.

§ 22. *Chemisches Verhalten der Sulfate.* — ***Reduktionsprozesse.*** Während die Sulfate des Kaliums, Natriums und Magnesiums durchweg leicht löslich sind, braucht das Calciumsulfat ziemlich grofse Mengen von Wasser — etwa 400 Teile auf 1 Teil Gips — zu seiner Lösung; die Gegenwart von freien Säuren und von gewissen Salzen, wie Natriumchlorid, Ammoniumsalze, befördert die Löslichkeit. Alle Sulfate sind schwer zersetzlich, die Kristallwasser enthaltenden verlieren jedoch dasselbe beim Glühen („Calcinieren"), der gelinde gebrannte und pulverisierte Gips nimmt bei Zusatz von Wasser dieses wieder auf und erhärtet damit steinartig; auch erleiden unter gewissen Verhältnissen die Sulfate unter dem Einflufs kohlenstoffhaltiger, pflanzlicher oder tierischer Stoffe eine eigentümliche Umwandlung, die man als *Reduktion* bezeichnet. Unter diesem Ausdruck fafst man eine grofse Anzahl von chemischen Vorgängen zusammen, die sämtlich auf dem Austritt von Sauerstoff aus seinen Verbindungen beruhen. In Zersetzung begriffene organische, d. i. kohlenstoff- und allermeist auch wasserstoffhaltige Körper, haben das Bestreben ihren Kohlenstoff in Kohlendioxyd, ihren Wasserstoff in Wasser umzusetzen. Geht die Zersetzung unter Abschlufs oder auch nur unter mangelhaftem Zutritt der atmosphärischen Luft vor sich, so entnehmen sie den zu jener Umwandlung nötigen Sauerstoff sauerstoffhaltigen Verbindungen ihrer Umgebung und führen dadurch eine „Reduktion" der letzteren herbei. Befindet sich z. B. Calciumsulfat unter den erwähnten Bedingungen in Berührung mit verwesenden Pflanzenresten, so wird es durch Entziehung eines Sauerstoffgehaltes zu *Schwefelcalcium* oder *Calciumsulfid* reduziert: $CaSO_4 - 4O = CaS$. Die Sulfide erleiden schon in Berührung mit schwachen Säuren, z. B. mit Kohlensäure, eine weitere Umwandlung, deren Endprodukte Schwefelwasserstoff, jenes bekannte giftige, den Geruch faulender Eier besitzende Gas, und ein Karbonat sind, z. B.: $CaS + H_2O + CO_2 = \underset{\text{Calcium-karbonat}}{CaCO_3} + \underset{\text{Schwefel-wasserstoff}}{H_2S}$. Da bei der Zersetzung

[1]) Von diesen Sulfaten bildet besonders der Kainit ein sehr geschätztes Kalidüngemittel. Der in den Handel gebrachte Kainit ist jedoch nicht das reine Salz, sondern ein Gemenge von diesem und anderen Verbindungen, namentlich von Natriumchlorid. Er enthält daher durchschnittlich nur 12,5 % Kali (K_2O) (entsprechend ungefähr 23 % Kaliumsulfat), während sich aus der Zusammensetzung des reinen Kainits ein Gehalt von ca. 23 % Kali berechnet.

pflanzlicher oder tierischer Stoffe regelmäfsig Kohlendioxyd bezw. Kohlensäure entsteht, so ist die Reduktion der Sulfate in der Natur fast stets mit dem Auftreten von Schwefelwasserstoff verbunden. Sind neben den verwesenden Stoffen und Sulfaten noch Eisenverbindungen zugegen, so kann sich anstatt des Schwefelwasserstoffs Schwefeleisen bilden, ein Vorgang, der sich durch folgende chemische Gleichung ausdrücken läfst:

$$2CaSO_4 + FeCO_3 + CO_2 - 7O = \underset{\text{Zweifach-Schwefeleisen}}{FeS_2} + 2CaCO_3.$$

Von dieser Verbindung, die man auch *Schwefelkies* oder *Eisenkies* nennt, wird gleich noch die Rede sein. In Berührung mit anderen Salzen führen die Sulfate chemische Umsetzungen herbei, die für die Pflanzenernährung von hohem Wert sein können. Z. B. kann durch Einwirkung von Calciumsulfat auf das leicht flüchtige Ammoniumkarbonat das nicht flüchtige Ammoniumsulfat neben Calciumkarbonat entstehen: $CaSO_4 + (NH_4)_2CO_3 = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3$. (Andere Umwandlungen s. § 18.) Auf schwer lösliche Kaliumsilikate kann Calciumsulfat in der Weise einwirken, dafs leicht lösliches Kaliumsulfat entsteht und das Calcium an die Stelle des Kaliums im Silikat tritt.

§ 23.

Die Schwefelverbindungen oder Sulfide. *Chemischer Charakter und Verhalten.* Der Schwefel verbindet sich in verschiedenen Mengenverhältnissen mit Wasserstoff und mit zahlreichen Metallen. Eine der bekanntesten Verbindungen ist das Wasserstoffsulfid H_2S, auch Schwefelwasserstoff genannt, ein brennbares, in Wasser ziemlich leicht lösliches, unangenehm (nach faulenden Eiern) riechendes Gas, das namentlich bei der Fäulnis schwefelhaltiger organischer Stoffe sich entwickelt (s. auch § 22). Von den Metall-Schwefel-Verbindungen besitzt für den Boden eine gröfsere Bedeutung nur das *Eisenbisulfid* FeS_2, auch „Zweifachschwefeleisen“ genannt. Es findet sich in der Natur als das Mineral *Pyrit* oder „Eisenkies“ (auch „Schwefelkies“) oder in anderer Kristallform als *Markasit* oder „Strahlkies“. Über seine Entstehung ist unmittelbar vorher gesprochen worden (§ 22). In Berührung mit feuchter Luft geht das Eisenbisulfid unter Aufnahme von Sauerstoff und Wasser in Ferrosulfat und freie Schwefelsäure über: $FeS_2 + H_2O + 7O = \underset{\text{Eisen-oxydulsulfat}}{FeSO_4} + \underset{\text{Schwefel-säure}}{H_2SO_4}$. Das Ferrosulfat, in Verbindung mit 7 Molekulen Kristallwasser auch „Eisenvitriol“ genannt, geht durch weitere Aufnahme von Sauerstoff bei Anwesenheit von freier Schwefelsäure in Ferrisulfat über: $2FeSO_4 + H_2SO_4 + O = Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$. Kommen diese Oxydationsprodukte des Schwefeleisens mit Kalk (CaO) oder

Calciumkarbonat ($CaCO_3$) zusammen, so finden weitere Umsetzungen statt, deren Endprodukte Calciumsulfat und Eisenoxyd sind:

$$H_2SO_4 + CaCO_3 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

Schwefelsäure, Calciumkarbonat, Calciumsulfat, Wasser, Kohlendioxyd,

$$FeSO_4 + CaCO_3 = CaSO_4 + FeCO_3$$

Ferrosulfat, Ferrokarbonat.

Das Ferrokarbonat setzt sich an der Luft sehr bald in Kohlendioxyd und Ferrioxyd um (s. § 18):

$$Fe_2(SO_4)_3 + 3CaCO_3 = Fe_2O_3 + 3CaSO_4 + 3CO_2.$$

Ferrisulfat, Ferrioxyd

Da sowohl die freie Schwefelsäure wie die Eisensulfate heftige Pflanzengifte sind, so ist das soeben beschriebene Verhalten für die landwirtschaftliche Benutzung eisensulfidhaltigen Bodens von grofser Bedeutung.

§ 24.

Oxyde und Hydroxyde. In Betracht kommen hier nur die entsprechenden Verbindungen des Eisens. (Über ihre chemische Konstitution s. § 8, Anmerkung.) Als eine chemische Verbindung von Eisenoxydul (FeO) und Eisenoxyd (Fe_2O_3) läfst sich ein weit verbreitetes Mineral, das *Magneteisen:* Fe_3O_4 ($= FeO + Fe_2O_3$) ansehen (S. 20). Durch Aufnahme von Sauerstoff geht es in Eisenoxyd, bei gleichzeitiger Gegenwart von Wasser auch in Eisenhydroxyd über.

Bereits früher (s. § 18) ist die Abscheidung von Eisenhydroxyd („Eisenoxydhydrat") aus Wässern besprochen worden, die kohlensaures Eisenoxydul enthalten. Derartige gewöhnlich nesterartig auftretende Absätze, die meist noch Calciumkarbonat, Tonmineralien und andere Silikate, aufserdem etwas Eisenoxyd enthalten, bezeichnet man als *Ocker* oder *Eisenocker*. Ähnlichen Ursachen und wahrscheinlich auch der Lebenstätigkeit kleiner Algen verdankten zahlreiche Eisenhydroxyd-Ablagerungen ihre Entstehung, die man unter dem Namen *Limonit*, „Raseneisenstein", „Wiesenerz", „Sumpferz" zusammenfafst. Sie kommen als vereinzelte oder zu Knollen verwachsene, etwa erbsengrofse Körner im Boden dicht unter der Oberfläche verteilt vor, bilden bisweilen aber auch feste Bänke von grofser Ausdehnung. Neben ihrem Hauptbestandteil enthalten sie nicht selten recht beträchtliche Mengen von Eisenphosphat (s. auch § 19, 2), Eisensilikat, Tonmineralien und organischen Stoffen pflanzlichen Ursprungs.

Im Anschlufs an die bisher besprochenen Mineralien, die man mit wenigen Ausnahmen zu den bodenbildenden rechnen darf, soll noch einiger Mineralgruppen Erwähnung geschehen, die zwar nicht zu den eigentlichen

Bodenbildnern zu rechnen sind, denen aber bei den innerhalb des Bodens sich abspielenden Vorgängen eine grofse Bedeutung zukommt, das sind die Chloride und Nitrate.

§ 25.

Die Chlorverbindungen oder Chloride. Das Element Chlor (Cl) vereinigt sich direkt mit Metallen zu Verbindungen, die man auch als Salze der Chlorwasserstoffsäure HCl (gewöhnlich „Salzsäure" genannt), ansehen kann (§ 10). Die gröfste Verbreitung hat von den Chlorverbindungen das Chlornatrium oder Natriumchlorid NaCl mit 39,3 % Natrium und 60,7 % Chlor, unter dem Namen *Steinsalz* oder Kochsalz teils in mächtigen Lagern, teils in feiner Verteilung in allen Böden, teils aufgelöst in grofsen Mengen im Meereswasser, in geringeren wohl in allen natürlichen Gewässern vorkommend. Aufser Chlornatrium enthalten die letzteren noch andere Chloride, so namentlich *Kaliumchlorid, Magnesiumchlorid, Calciumchlorid.* Über dem Stafsfurter Steinsalzlager finden sich neben Sulfaten (§ 21) auch Chloride, wie jene oftmals zu Doppelsalzen verbunden. Die wichtigsten sind die folgenden:

Sylvin, reines Kaliumchlorid: KCl mit 52,5 % Kalium (entsprechend 63,2 % Kali: K_2O) und 47,5 % Chlor, ferner

Carnallit, ein wasserhaltiges Doppelsalz von Kaliumchlorid und Magnesiumchlorid: KCl, $MgCl_2 + 6H_2O$ mit 26,9 % Kaliumchlorid,[1]) 34,2 % Magnesiumchlorid und 38,9 % Wasser.

§ 26. *Das chemische Verhalten der Chloride.* Sämtliche Chloride sind in Wasser leicht löslich. Einige von ihnen, wie das Calciumchlorid, Magnesiumchlorid, sind sehr *hygroskopisch* (d. h. Wasser in flüssigem und dampfförmigem Zustande wird von ihnen mit grofser Begier angezogen und festgehalten).[2]) In Berührung mit anderen Salzen erleiden sie zahlreiche Wechselzersetzungen, und hierauf ist es jedenfalls zurückzuführen,

[1]) Dieser Gehalt des *reinen* Salzes entspricht einem Gehalt an Kali (K_2O) von 17,0 %. Der Chlorkaliumgehalt des zu Düngungszwecken in den Handel kommenden, mit allerlei Nebensalzen (Magnesiumsulfat, Calciumsulfat, Natriumchlorid) verunreinigten Carnallits entspricht nur etwa 9 % Kali (K_2O).

[2]) Selbst ein geringer Gehalt der als Düngemittel verwendeten Salze (Carnallit, Kainit) an diesen hygroskopischen Chloriden führt ein Feuchtwerden derselben bei längerem Lagern herbei. Das aus der Luft aufgenommene Wasser geht dann unter steinartiger Erhärtung der gemahlenen Düngesalze mit anderen Bestandteilen derselben chemische Verbindungen ein. Diesem unliebsamen Verhalten wird nach einem von M. Fleischer angegebenen Verfahren durch Beimengung geringer Mengen von trocknem Torfmull (2,5 auf 100 Teile) wirksam entgegengearbeitet („Torfkainit", „Torfcarnallit").

wenn manche Chlorverbindungen lösend auf schwerlösliche Stoffe einwirken. Unter der Einwirkung von Kochsalz auf Kaliumsilikat tritt Natrium aus dem Kochsalz an Stelle eines Teils des Silikatkaliums, während dieses als Kaliumchlorid in Lösung geht; Calciumphosphat wird durch Kaliumchlorid oder Natriumchlorid zum Teil in der Weise zerlegt, dafs neben Calciumchlorid leicht lösliches Kalium- oder Natriumphosphat entsteht. Nicht anders ist die Wirkung dieser Chloride auf Calciumkarbonat: $CaCO_3 + 2NaCl = CaCl_2 + Na_2CO_3$ u. s. w. Es ist aber hervorzuheben, dafs alle diese Vorgänge nur sehr langsam und nie bis zur vollen Umsetzung zu erfolgen pflegen (§ 18, Anm.). Die mechanische Wirkung, die die Chloride auf Tonmineralien ausüben, ist früher (§ 16) besprochen worden.

§ 27.

Die salpetersauren Salze oder Nitrate. Die Salpetersäure HNO_3 oder $NO_2 . OH$ bildet nur eine Reihe von Salzen (Nitrate). Von den bekannten Nitraten findet sich das *Natriumnitrat* $NaNO_3$ („Natronsalpeter") in einem in den regenlosen Landstrichen von Chile und Peru in grofsen Lagern vorkommenden Mineral, der „Caliche", das wahrscheinlich aus der Verwesung gewaltiger Tangmassen unter Mitwirkung der Meersalze hervorgegangen ist. Neben ihrem Hauptbestandteil enthält die Caliche alle Meersalze und organische Substanzen. Das von diesen Beimengungen möglichst befreite Material kommt unter dem Namen *Chilisalpeter* in den Handel. Auch *Kaliumnitrat* (Kalisalpeter), ferner *Calciumnitrat* und *Magnesiumnitrat* finden sich stellenweise als Gesteinsausschwitzungen in Ostindien. Aufserdem sind kleine Mengen von Nitraten in der Luft und in den allermeisten Böden und natürlichen Wässern enthalten.

§ 28. *Entstehung der Nitrate.* In der atmosphärischen Luft bilden sich bei jedem Blitzschlag durch direkte Vereinigung von Stickstoff, Sauerstoff und den Elementen des Wassers kleine Mengen von Salpetersäure, die mit dem gleichfalls in der Luft vorhandenen (aus der Zersetzung tierischer und pflanzlicher Stoffe stammenden) Ammoniak zu Ammoniumnitrat sich vereinigen: $HNO_3 + NH_3 = NH_4NO_3$. Durch die atmosphärischen Niederschläge wird das Salz dem Boden und den Gewässern zugeführt. Eine weit stärker fliefsende Quelle der für die Pflanzenernährung besonders wichtigen Nitrate bietet die Zersetzung stickstoffhaltiger pflanzlicher und tierischer Stoffe. Dieselben enthalten Stickstoff in organischer Verbindung, d. h. an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff gebunden. Bei dem Zerfall, dem der pflanzliche und tierische Körper nach seinem Absterben unterliegt, wird der Stickstoff zum Teil als freier Stickstoff ausgeschieden, zum Teil in Ammoniak (NH_3) oder in Salpetersäure (HNO_3) umgewandelt. Nach dem jetzigen Stand unseres Wissens mufs man annehmen,

dafs jene Zersetzungsvorgänge, die man auch als *Fäulnis* und *Verwesung* bezeichnet, durch kleinste Lebewesen (Mikroorganismen) und zwar durch Bakterien oder Spaltpilze hervorgerufen werden. Je nachdem die natürlichen Bedingungen der Entwicklung dieser oder jener Bakterienart besonders günstig sind, tritt höchstwahrscheinlich der Stickstoff vorwiegend oder ganz in dieser oder jener Form aus. Das Vorhandensein von Luftsauerstoff und von Karbonaten des Kaliums, Natriums, Calciums oder Magnesiums befördert die Entstehung von Nitraten, auch das bei Luftabschlufs oder mangelhaftem Luftzutritt vornehmlich sich bildende Ammoniak kann unter diesen Bedingungen durch einen neuerdings entdeckten Spaltpilz[1]) oxydiert und in salpetersaures Salz übergeführt werden, z. B.:

$$\underset{\text{Ammoniak}}{2NH_3} + \underset{\text{Calcium-karbonat}}{CaCO_3} + 8O = \underset{\text{Calciumnitrat}}{Ca(NO_3)_2} + 3H_2O + CO_2.$$

§ 29. *Das chemische Verhalten der Nitrate.* Sämtliche Nitrate sind in Wasser leicht löslich. Auf andere Salze üben sie ähnliche Wirkungen aus wie die Chloride (s. o.) und sind daher wie diese imstande, schwer lösliche Stoffe, wenn auch immer nur in geringem Mafse, in Lösung zu bringen. Unter dem Einflufs gewisser Bakterien, die auf die Nitrate sauerstoffentziehend („reduzierend") wirken, kann die Salpetersäure der Nitrate unter Abscheidung freien Stickstoffs zersetzt werden: $2HNO_3 - 5O = H_2O + 2N$.

B. Die bodenbildenden Gesteine.

§ 30.

Einteilung. Die im vorstehenden besprochenen Mineralien beteiligen sich zum gröfseren Teil an der Zusammensetzung der Gesteine, aus deren Umwandlung schliefslich der Boden hervorgeht. Unter gleichzeitiger Berücksichtigung ihrer Entstehungsweise und ihrer natürlichen Beschaffenheit teilen wir die Gesteine („Gebirgsarten", „Felsarten") ein in die *Urgebirgsarten* oder *kristallinischen Massengesteine* und in die *Flöz-* oder *Sedimentärgesteine*. Die erstere Gruppe umfafst die unmittelbar aus dem feurigflüssigen Zustande hervorgegangenen oder nachher nur wenig veränderten Gesteine, die andere alle die Felsarten, deren Masse aus der Zertrümmerung oder Zersetzung der Urgebirgsarten, namentlich unter dem Einflufs des Wassers, entstanden ist.[2])

[1]) „Nitrobakterium", ein Spaltpilz von höchst eigentümlichen Eigenschaften; er besitzt ebenso wie die höheren, Blattgrün enthaltenden Pflanzen die Fähigkeit, das Kohlendioxyd der Luft zu spalten und daraus den zum Aufbau seines Körpers nötigen Kohlenstoff zu entnehmen.

[2]) Diese Gruppierung deckt sich mit der Einteilung der Gebirgsarten in „plutonische" und „neptunische" oder auch in „Primitiv-" und „Sekundär-"

§ 31.

Die kristallinischen Massengesteine *(„Urgesteine")* werden von kristallinischen, untereinander verwachsenen Mineralien gebildet. Je nachdem diese staubfein oder in gröberen Körnern oder Kristallen oder in parallel übereinander gelagerten Blättchen oder Schuppen auftreten, nennt man das Gefüge (die „Struktur") des Gesteins „dicht", „körnig" oder „schiefrig". Die Urgebirgsarten bestehen stets aus verschiedenen Mineralien, unter denen die Kieselerdemineralien und Silikate die erste Stelle einnehmen. Je nachdem sie unverbundene Kieselerde (SiO_2) enthalten oder nicht, lassen sie sich in zwei Untergruppen, in *saure* und *basische* Gesteine, einteilen. Die ersteren bezeichnet man wohl auch als kieseltonalkalische, die letzteren als Kiesel-Eisen-Kalk-Gesteine.

1. Zu den *sauren Gesteinen* gehören die folgenden: *Granit, Gneifs, Glimmerschiefer, Porphyr, Trachyt.*

Granit und *Gneifs* enthalten als Hauptbestandteile die Mineralien Quarz, Glimmer (Kali- oder Magnesiaglimmer) und Kalifeldspat (Orthoklas). Der Granit pflegt etwas reicher an Kalifeldspat zu sein als der Gneifs (60—80 $^0/_0$ gegen 50—70 $^0/_0$), auch ist im Gneifs der Orthoklas bisweilen durch Plagioklase ersetzt. Als Nebenbestandteile finden sich in beiden Gesteinen Zeolithe, Turmalin, Granat, Hornblende, Apatit u. a. Das Gefüge des Granits ist körnig, das des Gneifses schiefrig.

Glimmerschiefer ist ein ausgeprägt schiefriges Gemenge von Quarz und Glimmer (Kali- oder Magnesiaglimmer). Feldspat enthält er höchstens in sehr geringen Mengen. Andere Nebenbestandteile sind: Hornblende, Granat, Turmalin, Schwefelkies, Apatit u. a.

Porphyr. In eine dichte, aus Orthoklas und Quarz bestehende Grundmasse („Felsit") sind Körner oder Kristalle von Quarz und Orthoklas (als Nebenbestandteile bisweilen Plagioklase, Glimmer, Hornblende, Augit, Apatit u. a.) eingesprengt.

Trachyt besteht aus einer feinkörnigen, etwas porösen Grundmasse von Sanidin und Plagioklas, in der Kristalle von Sanidin, als Nebenbestandteile aufserdem Leucit, Granat, Cordierit, Augit, Hornblende und fast stets Apatit verteilt sind. Viele Trachyte („Quarztrachyte") enthalten aufserdem als regelmäfsigen Bestandteil noch Quarz.[1])

2. *Die basischen Gesteine.* Während die sauren Gesteine im wesentlichen als verschieden zusammengesetzte Gemenge von Quarz,

---

Bildungen. Sie ist insofern nicht ganz unanfechtbar, als die zu den Urgebirgsarten gerechneten Felsarten Gneifs und Glimmerschiefer wahrscheinlich bereits sekundäre, unter Mitwirkung des Wassers gebildete Gesteine sind.

[1]) Auch die Einteilung in saure und basische Gesteine ist also streng genommen nicht ganz scharf, weil manche Trachyte keine freie Kieselerde enthalten.

Glimmer und Feldspat anzusehen sind, von denen allerdings Feldspat oder Quarz bei einigen Felsarten sehr zurückbleibt, fehlt bei den basischen Gesteinen der Quarz als Hauptbestandteil. Sie enthalten durchweg Hornblende oder Augit und Feldspate (meist Plagioklase). In diese Gruppe gehören folgende Gesteine: *Syenit, Diorit, Diabas, Melaphyr, Basalt, Dolerit.*

Syenit ist ein Gemenge von Hornblende und Orthoklas. Letzterer ist bisweilen durch Plagioklas ersetzt. An Nebenbestandteilen finden sich Magnesiaglimmer, Olivin, Granat, Schwefelkies und fast immer Apatit.

Diorit besteht aus Hornblende und Plagioklas (Oligoklas, Labrador, Anorthit) und enthält als Nebenbestandteile nicht selten Augit, Orthoklas, Magnesiaglimmer, Eisen, Granat, Cordierit, Apatit.

Die folgenden Gesteine enthalten stets Augit.

Diabas enthält als Hauptbestandteil Hornblende und Plagioklas, dabei stets Apatit, als Nebenbestandteile nicht selten Orthoklas, Eisenkies, Olivin, Magnesiaglimmer. (In Hohlräumen finden sich bisweilen Kalkspat, Zeolithe und Quarz eingeschlossen.)

Melaphyr, ein Gemenge von Augit, Plagioklas (namentlich Labrador), Olivin, Magneteisen; aufserdem enthält das Gestein stets Apatit und bisweilen Magnesiaglimmer, Orthoklas und Quarz.

Basalt bildet ein inniges, dicht erscheinendes Gemenge von Augit mit Plagioklas (meist Oligoklas) oder Nephelin oder Leucit. Als Nebenbestandteile finden sich Magneteisen, Olivin, meist unbeträchtliche Mengen Apatit u. a.

Dolerit enthält dieselben Bestandteile wie der Basalt, aber in deutlich kristallinisch-körnigem Gefüge.

§ 32. *Der verschiedene mineralogische Charakter der sauren und basischen Gesteine* mufs natürlich auch in ihrer chemischen Zusammensetzung zum Ausdruck kommen. Die folgende Tabelle enthält den durchschnittlichen prozentischen Gehalt der hierher gehörigen Felsarten, wie er sich aus einer grofsen Anzahl von Gesteinsanalysen ergibt.

I. Saure Gesteine („Kiesel-ton-alkalische“ Gesteine).

	Granit %	Gneifs %	Glimmerschiefer %	Porphyr %	Trachyt %
Kieselerde (SiO_2)	72	70—80	69,5—82	74	62—64
Tonerde (Al_2O_3)	16	14	12—14	12—14	16—19
Kali (K_2O)	6,5	3,0	0,8—4,7	3—4	3,6—5,4
Natron (Na_2O)	2.5	2,0	0,4—4,0	4—5	4,5
Kalk (CaO)	1,5	2,6	0,7—2,7	1,5	1,8—2,5
Magnesia (MgO)	0,5	1,5	1,0	0,5	0,8
Eisenoxyde (FeO u. Fe_2O_3)	1,5	6	3,9	2—3	6
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,4—0,7	0,8	—	0,4	0,4—0,7

II. Basische Gesteine („Kiesel-eisen-kalkige“ Gesteine).

	Syenit %	Diorit %	Diabas %	Melaphyr %	Basalt %	Dolerit %
Kieselerde (SiO_2)	60	51	47,5	56,8	43,0	50,6
Tonerde (Al_2O_3)	17	18,5	16,3	17,8	14,0	14,1
Kali (K_2O)	3,5	2,5	0,9	2,1	1,3	1,1
Natron (Na_2O)	2,6	3,0	3,1	2,6	3,8	2,2
Kalk (CaO)	5,3	7,5	11,0	7,0	12,1	9,2
Magnesia (MgO)	2,5	6,0	6,5	3,0	9,1	5,1
Eisenoxyde (FeO und Fe_2O_3)	8	11,0	12,5	6,6	15,3	16,0
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,04—0,2	0,04-1,24	1,3	0,16—0,3	0,5—1,1	0,03

Die Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der sauren und basischen Gesteine, die die vorstehende Tabelle aufweist, treten besonders deutlich in der folgenden Zusammenstellung hervor. Es schwankt nach zahlreichen Analysen der prozentische Gehalt:

	bei den *sauren* Gesteinen zwischen	bei den *basischen* Gesteinen zwischen
an Kieselerde	54 und 79 %	42 und 63 %
„ Tonerde	10 „ 23 „	10 „ 21 „
„ Kali	1,3 „ 8,0 „	0,1 „ 8,0 „
„ Natron	0,4 „ 9,0 „	0,2 „ 8,0 „
„ Kalk	0,1 „ 4,0 „	1,8 „ 15 „
„ Magnesia	0,1 „ 1,5 „	1,1 „ 11 „
„ Eisenoxyden	0,8 „ 7,0 „	4 „ 17 „

Die Anwesenheit von Quarz in den sauren Gesteinen spricht sich in deren höherem Kieselerdegehalt, die von Orthoklas und Glimmer in dem fast immer höheren Reichtum an *Kali* aus. Dagegen machen sich bei den basischen Gesteinen deren wesentliche Bestandteile, Augit und Hornblende, durch ihren gröfseren *Kalk*- und *Magnesia*gehalt bemerklich. Auch die Plagioklase, die von den Feldspaten vornehmlich an der Zusammensetzung dieser Gesteinsgruppe sich beteiligen, enthalten allermeist gröfsere Mengen von Kalk und Magnesia, die den Gehalt der basischen Gesteine an diesen Stoffen noch vermehren.

§ 33.

Die Sedimentär- oder Flözgesteine. Unter dem Einflufs gewisser Kräfte, die wir bei den Erörterungen über die Vorgänge der Bodenbildung eingehender zu besprechen haben werden, und unter denen die Wirkungen des fliefsenden Wassers und des schiebenden Eises eine besonders wichtige Rolle spielen, erleiden die Urgesteine eingreifende Umwandlungen, teils mechanischer, teils chemischer Natur. Sie werden in gröfsere und kleinere Bruchstücke zertrümmert, diese vom Wasser fortgeführt, durch Aneinanderreiben zu immer feineren Teilen zermahlen und je nach ihrer Gröfse und ihrem spezifischen Gewicht bald früher, bald später abgelagert. Gleichzeitig hiermit gehen die chemischen Umwandlungen der Gesteinsgemengteile vor sich, die bereits früher bei der Besprechung des chemischen Verhaltens der Mineralien (§§ 16—29) angedeutet wurden. Die mannigfaltigen Produkte dieser Vorgänge bezeichnen wir als „Sedimentär-" oder „Flözgesteine". Charakteristisch für dieselben ist namentlich ihr Aufbau aus einzelnen, bisweilen ganz verschiedenartigen, durch parallele Absonderungsflächen begrenzten *Schichten* oder *Bänken,* ferner das Vorkommen von Geröllen, die schon durch ihre Gestalt auf die Beteiligung des Wassers oder Eises an der Gesteinsbildung hindeuten, und das Auftreten von tierischen und pflanzlichen Resten. Je nachdem bei ihrer Entstehung hauptsächlich nur mechanische Kräfte in höherem oder geringerem Mafse, oder aufserdem noch chemische Umwandlungen wesentlich mitgewirkt haben, lassen sich die Flözgesteine in die folgenden Untergruppen einteilen.

1. *Schutt, Geröll* und *Kiesmassen.* Man versteht darunter Anhäufungen loser Gesteinstrümmer, die entweder als „Schutt" noch in unmittelbarer Nähe ihres Muttergesteins lagern und in diesem Fall aus noch wenig veränderten, scharfkantigen Bruchstücken („Schutt", „Schotter") bestehen, oder, durch fliefsendes Wasser oder durch vorrückendes Eis (Gletscher, Moränen) von dem Ort ihrer Entstehung fortgeführt, noch weitere Zerkleinerung und eine äufsere Abschleifung und Abrundung erfahren haben, ohne dadurch im Innern verändert zu sein (Geröll, Kies).

Soweit die Glieder dieser Gruppe der Tertiärformation angehören, bestehen sie nur aus wenigen Mineralien, unter denen Quarz, Glimmer, plastischer Ton vorwiegen. Eine aufserordentliche Mannigfaltigkeit weisen dagegen, entsprechend ihrer Herkunft (s. u.), die zugehörigen Diluvialbildungen sowohl hinsichtlich der Gesteins- als der Mineral-Arten auf.

Werden die Gesteinstrümmer durch ein Bindemittel fest miteinander verkittet, so entstehen daraus *Konglomerate* (mehr aus Geröllen) oder *Breccien* (mehr aus Schutt).[1])

---

[1]) Wenn auch auf andere Weise entstanden, so schliefsen sich diesen Gesteinen, ihrer äufseren Beschaffenheit nach, die Lava-Schlacken an, gröbere

2. *Sande, Grande, Sandstein.* Die Sande können ebenso wie die soeben besprochenen Gesteine aus Mineralien der verschiedensten Art bestehen und unterscheiden sich von jenen hauptsächlich nur dadurch, daſs sie die Gesteins- und Mineralbruchstücke in weit kleineren Individuen enthalten und daher nach dem äuſseren Ansehen gleichförmigere Massen bilden. Da über ihre Entstehung längere Zeit vergangen ist, so sind dem Muttergestein schon viele leichter angreifbare Bestandteile entzogen worden. Der widerstandsfähigste Gemengteil hat sich in dem Rückstand besonders stark angehäuft, und es sind daher die meisten Sande namentlich reich an Kieselerde („Quarzsand"). Neben dem Quarzsand enthalten aber fast alle Sande und namentlich, im Gegensatz zu den Tertiärsanden, die der Quartärformation (Alluvium und Diluvium, § 3) noch mehr oder weniger unzersetzte Gesteinstrümmer (Grande), nicht selten auch nachträglich eingeschlämmte mineralische Bestandteile (Aluminium-, Eisen-, Calcium-Verbindungen) oder auch Rückstände pflanzlicher oder tierischer Natur.

Die Diluvialgrande pflegen um so reicher an Kalk und Feldspatmineralien zu sein, je gröber ihr Korn ist. Dementsprechend enthalten auch die Sande des Diluviums bis zu einer gewissen Grenze um so mehr Quarz, aber um so weniger Feldspat und Kalk, je feinkörniger sie sind. Dagegen steigt der Kalkgehalt in den allerfeinsten Teilchen wieder bis zu beträchtlicher Höhe („Mergelsand").

Als *Spatsand* bezeichnet man einen an Feldspatkörnchen reichen, meist etwas kalkhaltigen, groben bis sehr feinkörnigen, als *Mergelsand* einen aus feinstem Quarz und anderem Gesteinsstaub bestehenden, oft bis 15 und mehr Prozent Calciumkarbonat enthaltenden Sand, der in feuchtem Zustande groſse Ähnlichkeit mit Ton besitzt, beim Austrocknen zwar etwas erhärtet, aber schon bei leichtem Druck zu Staub zerfällt. Durch Auswaschung des Kalks geht er in den durch Eisen oder andere Beimengungen meist rötlich gefärbten „Schlepp" oder „Schluffsand" über. Aufnahme von Ton wandelt ihn in „Fayencemergel" um. Beide Sande gehören dem *Diluvium* an.

Die Sande des *Alluviums,* sowohl die vom Winde als die durch die Tätigkeit des Wassers abgelagerten, unterscheiden sich von denen des Diluviums hauptsächlich durch das Fehlen von Kalk und durch gleichmäſsigere Körnung.

---

vulkanische Ausbruchsprodukte („Lapilli"), deren Muttergestein meist Basalt oder Trachyt ist. Gleichzeitig werden häufig von Vulkanen feinkörnigere Produkte ausgeworfen, deren gröbere man als *vulkanische Sande,* deren staubförmige Teile man als *vulkanische Aschen,* oder, wenn sie für sich oder durch ein Bindemittel verkittet sich zu festen Massen aneinander gelagert haben, als *Tuffe* bezeichnet.

Die vom Winde verwehten ton- und kalkarmen[1]) Sande, allermeist diluvialer Herkunft, werden *Flugsand* oder *Dünensand* genannt.

Vielfach gehen die Sande wieder in feste Gesteine über, indem ihre Körner durch ein Bindemittel verkittet werden. Das Produkt nennt man *Sandstein.* Derartige Rückbildungen der zertrümmerten Felsarten in feste Gesteine haben in den verschiedensten geologischen Perioden stattgefunden, und man findet daher Sandstein in zahlreichen Formationen vertreten (§ 3). Ihrem Vorkommen in den verschiedenen Formationen entsprechen z. B. die Benennungen: Silur-, Steinkohlensandstein, Buntsandstein, Keuper-, Lias-, Molassesandstein, während man den Sandstein der Kreideformation wegen seiner eigentümlichen Schichtung als „Quadersandstein" bezeichnet. Neben dem Gehalt des Sandes an unzersetzten Gesteinstrümmern und nachträglich hinzugetretenen Stoffen (s. o.) ist die Art des Bindemittels, welches die Sandkörner zu Sandstein zusammenkittete, entscheidend für die Zusammensetzung des letzteren. Dasselbe kann aus Silicium-, Aluminium-, Eisen-, Calcium-Verbindungen und auch aus humosen Stoffen bestehen, und je nach seiner Natur unterscheidet man *kieseligen, tonigen, eisenschüssigen, kalkigen, Humus-Sandstein.* Eine Abart des Humussandsteins bildet der *Ortstein* („Ur", „Ahl", „Fuchserde", „Knick"), eine meist wenig mächtige Sandsteinschicht von gröfserer oder geringerer Festigkeit, deren Entstehung darauf zurückzuführen ist, dafs organische, aus abgestorbenen Gewächsen, namentlich aus heidekrautartigen Pflanzen ausgelaugte Stoffe in den darunter liegenden Sand eingedrungen sind und dessen Körner verkittet haben.

Die verschiedene Zusammensetzung der Sandsteine möge durch die folgenden Analysen belegt werden:

	Kieseliger Sandstein %	Toniger Sandstein %	Eisenschüssiger Sandstein %	Kalkiger u. toniger Sandstein %	Ortstein %
Kieselerde (SiO_2)	98,5	80,6	70,3	61,2	84,9
Tonerde (Al_2O_3)	0,8	9,2	8,1	} 13,7	10,3
Eisenoxyde (FeO u. Fe_2O_3)	0,5	2,4	9,5		0,5
Kalk (CaO)	Spur	1,3	1,1	10,5	0,5
Magnesia (MgO)	0,24	1,3	0,3	0,6	0,2
Humose Stoffe	?	?	?	?	2,1
Kali (K_2O)	Spur	1,7	1,7	0,9	0,8
Natron (Na_2O)	Spur	1,4	1,9	0,8	1,0
Phosphorsäure (P_2O_5)	?	0,1	?	0,1	0,1
Kohlensäure (CO_2)	—	—	—	7,3	—

[1]) In Flugsandhügeln vorkommende kalkreiche Bildungen sind von aufsen

3. *Die Tone und Tongesteine* unterscheiden sich von den bisher besprochenen Untergruppen namentlich dadurch, dafs sie im wesentlichen aus den staubfein verteilten Produkten tief eingreifender chemischer Zersetzungen der ursprünglichen Gesteine bestehen. Ihr Hauptbestandteil ist stets Aluminiumsilikat, das aber fast immer von gröfseren oder geringeren Mengen unverbundener Kieselerde (Quarzsand) und anderen mehr oder weniger veränderten Bestandteilen des Muttergesteins begleitet ist. Je mehr die Nebenbestandteile, z. B. feiner Quarzsand, Glimmerblättchen, Eisenhydroxyd vorwiegen, um so mehr verliert der Ton die den Kaolin auszeichnende Eigenschaft der Plastizität (§ 16). Betragen die Nebenbestandteile 70—80 % der Gesteinsmasse, so bezeichnet man sie als *Lehm*. „Geschiebe"- oder „Block"lehm nennt man einen durch Auswaschung des Kalks aus dem Geschiebemergel (s. u. No. 5a) hervorgegangenen, fast stets ungeschichteten, bisweilen mehr tonigen, meist aber stark sandigen, kleinere und gröfsere Steine und Blöcke einschliefsenden; „Löfslehm" einen ebenso aus ursprünglich kalkreichem Löfs (s. u. No. 5b) entstandenen, sehr feinkörnigen Lehm. Tonablagerungen gehen sehr häufig, wahrscheinlich unter dem Druck darüber befindlicher Wasser- oder Gesteinsmassen, in feste Gebirgsarten *(Tongestein)* über, die man, wenn sie zwar ausgesprochen schiefrig, dabei aber noch nicht sehr fest sind, „Schieferton", wenn sie bei deutlich schiefrigem Gefüge grofse Härte besitzen, „Tonschiefer" nennt. Nur schwache Schieferung zeigt der *Letten*, ein zäher, dabei häufig an sehr feinem Sande reicher, beim Austrocknen steinartig erhärtender, im Wasser allmählich zerfliefsender Ton. Tongestein findet sich in allen Formationen, namentlich vom Jura an; die Tone kommen hauptsächlich in der Tertiärformation, aber auch im Diluvium und Alluvium vor.

Unter den Tonen des Alluviums unterscheidet man zwischen dem aus *stehendem* Wasser abgeschiedenen, gröberen Sand kaum enthaltenden, an Calciumkarbonat oft reichen *Wiesenton* (im Untergrunde mancher Moore) und dem aus *langsam fliefsendem* Wasser abgesetzten *Flufston* oder *Schlick* in den Niederungen und Deltabildungen der norddeutschen Ströme. Mit der Flufsgeschwindigkeit der Gewässer, woraus der Absatz erfolgte, nimmt der Gehalt des Schlicks an gröberen Teilen zu. Grobsandige Schlicke bezeichnet man als *Flufslehm*. Die Flufstone und Lehme sind im Gegensatz zu dem Seeschlick (s. unter No. 5c) Nordwestdeutschlands frei von Calciumkarbonat, falls solches nicht aus den Talrändern nachträglich eingeschwemmt worden ist.

---

her eingeweht oder eingeschwemmt. (Reste von Schnecken- und Muschelgehäusen, ferner die sogenannten „Beinbruchsteine", Überreste von Baumwurzeln, die das eingeschwemmte Calciumkarbonat in sich angehäuft und bei ihrer Vermoderung als eigentümliche röhrenförmige Gebilde zurückgelassen haben.)

Je nach dem Gehalt an Nebenbestandteilen schwankt die Zusammensetzung der Tone und Tongesteine in ziemlich weiten Grenzen, wie die folgenden, einer gröfseren Anzahl von Analysen entnommenen Grenzzahlen dartun.

	Tonschiefer %	*Schieferton* %	*Ton* %
Kieselerde (SiO_2)	46—75	59—73	49—77
Tonerde (Al_2O_3)	24—10	26—16	30—11
Kali (K_2O)	1,6—3,5	1,4—3,2	Spur—4,7
Natron (Na_2O)	0,5—3,4	0,3—0,8	Spur—2,7
Kalk (CaO)	0,2—5,2	0,1—1,2	0,4—4,4
Magnesia (MgO)	0,6—3,6	0,3—0,9	0,2—5,9
Eisenoxyde (FeO und Fe_2O_3)	19—1,7	1,0—5,6	7,2—1,0
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,1—0,8	0,5	Spur—2,1

Je nach der geringeren oder gröfseren Beimengung von Nebenbestandteilen bezeichnet man den Ton als „fett“ oder „mager“.

4. *Die Kalkgesteine.* Auch diese Gesteine sind das Produkt einer weitgehenden Zersetzung der kristallinischen Urgesteine. Wie früher (§ 31) dargelegt wurde, enthält eine Gruppe der Urgesteine, die wir als „basische“ Gesteine bezeichneten, gröfsere Mengen von Calciumsilikat. Bei ihrer Verwitterung wandelt sich ein Teil des kieselsauren Calciums in kohlensaures Salz um, das sich in kohlensäurehaltigem Wasser als saures Karbonat löst und so in die natürlichen Gewässer gelangt. Sobald aus diesen Kohlendioxyd abdunstet oder von Wasserpflanzen aufgenommen wird, scheidet sich ein entsprechender Teil des Calciumsalzes als normales Karbonat ab (§ 18). Mannigfache tierische Wesen ferner, die kohlensaures Calcium zum Aufbau ihres Knochengerüstes, ihrer Gehäuse u. s. w. gebrauchen, nehmen es aus seiner Lösung auf und hinterlassen es nach dem Absterben vermischt mit ihren sonstigen Resten. Da in dem Muttergestein der Kalksteine allermeist auch gröfsere Mengen von *Magnesium* vorkommen, so findet neben der Abscheidung von Calciumkarbonat nicht selten auch eine solche von kohlensaurem Magnesium statt, und es entsteht ein Absatz von *Dolomit* oder *dolomitischem Kalk* (§ 17, 3). Unter dem Druck darüberlagernder Wasser- oder Gebirgsmassen haben sich die zuerst breiigen Absätze zu *Kalkstein* verdichtet. Die wahrscheinlich ohne Mitwirkung lebender Organismen gebildeten Kalksteine gehören meist den ältesten Gebirgsformationen an und besitzen ein kristallinisch-körniges Gefüge (Marmor). Unter den Kalken des Alluviums ist der aus kleinsten Kalkspatkristallen bestehende

pulvrige Wiesenkalk gleichfalls das Erzeugnis eines rein chemischen Vorganges. Im übrigen haben an der Bildung der den jüngeren Formationen angehörigen Kalkablagerungen wohl allermeist pflanzliche oder tierische Lebewesen mittelbar oder unmittelbar mitgewirkt, indem sie dem calciumkarbonathaltigen Wasser Kohlendioxyd und damit das lösende Agens entzogen (§ 18) und so das normale Salz zum Absatz brachten oder das letztere in ihren Organen aufspeicherten.[1]) Sie pflegen sehr feinkörnig oder feinerdig zu sein und zahlreiche Reste der Lebewesen zu enthalten, die an ihrer Bildung tätig gewesen sind. Die Namen *Muschelkalk,* ferner „Terebratel-“, „Enkriniten-“, „Korallenkalk“ u. a. sind den Organismen entnommen, deren Überbleibsel man am häufigsten in ihnen findet, und die einst zur Anhäufung des Karbonates beigetragen haben. Auch die *Kreide,* ein erdiger, weicher Kalkstein, ist so reich an Schalen kleiner Tiere (Foraminiferen, Polythalamien), dafs man sie vielfach als ein Produkt tierischer Tätigkeit ansieht. Der *Kalktuff* (in Italien als Travertin bezeichnet), ein Glied des Alluviums, bildet poröse, feste, oft in mächtigen und umfangreichen Lagern auftretende, nicht selten von Eisen- oder Manganbeimengungen mehr oder weniger intensiv gefärbte Massen von hohem, 90% erreichenden Calciumkarbonat-Gehalt, die auch als Baustein benutzt werden.

Zahlreiche an ihrer Entstehung beteiligte Organismen pflanzlicher und tierischer Natur pflegen die Ablagerungen von *kreidigem Wiesenkalk* (in Süddeutschland „Alm“ genannt) zu enthalten. Sie häufen sich vielerwärts auf dem Grunde von Landseeen an und bilden nach deren Vertorfen den Untergrund der entstehenden Moore. Nicht selten ist der Wiesenkalk mit gröfseren Mengen von eingeschwemmtem Ton durchsetzt („Wiesenmergel“); auch kann die Beimengung von pflanzlichen Resten so stark sein, dafs er dadurch eine dunkle Färbung erhält („Kalkmoor“, „Moormergel“).

Zusammensetzung der Kalkgesteine. Charakteristisch für die Beteiligung tierischer und pflanzlicher Lebewesen an der Bildung aller dieser Kalke ist auch deren gröfserer oder geringerer Gehalt an *Phosphorsäure.* Je nach dem Vorkommen in den verschiedenen Gebirgsformationen spricht man von „Urkalk“, „Silur-“, „Devonkalk“, von Muschelkalk, Jurakalk, Kreide u. s. w. Über die prozentische Zusammensetzung verschiedener Kalkgesteine mögen die folgenden Zahlen Auskunft geben:

---

[1]) In hervorragendem Grade besitzen diese Fähigkeit die in stehenden Gewässern lebenden Characeen („Armleuchtergewächse“ oder „Wassersterne“), die in ihrer Trockenmasse bis zu 50% aus Calciumkarbonat bestehen können.

	Dolomit und dolomitischer Kalk %	Kalkstein aus verschiedenen Formationen %	Kreide (weifse) %	Wiesenkalk und Wiesenmergel des Alluviums %
Calciumkarbonat	54—63	83—98	80—99	50—88
Magnesiumkarbonat	45—19	4—0,3	2,2—0,1	1,0—Spur
Ton	0,1—2,9	0,3—3,5	wenig	1—30
Phosphorsäure (P_2O_5)	—	0,1—0,8	0,1—0,2	Spur—0,3
Organische Stoffe	—	wenig	wenig	bis 9,5

Finden die Kalkausscheidungen aus natürlichen Wässern gleichzeitig mit der Ablagerung von Ton und Sand statt, oder setzt sich das Calciumkarbonat aus Wasser ab, welches tonige und sandige Massen durchströmt, so entstehen innige Gemische von kohlensaurem Calcium, Ton und Sand, die sogenannten

5. *Mergel,*[1]) die man, je nachdem dieser oder jener Bestandteil besonders stark vertreten ist, als *Kalkmergel, Tonmergel, Lehmmergel* oder *Sandmergel* bezeichnet. Bei den üblichen Benennungen ist die Abgrenzung der verschiedenen Mergelarten meist eine sehr willkürliche. Einen über 60 % Calciumkarbonat enthaltenden Mergel pflegt man als „Kalkmergel“ zu bezeichnen. Bei „Tonmergeln“ setzt man einen Tongehalt von mindestens 40 %, bei „Lehmmergeln“ einen solchen von etwa 20—40 % und einen hohen Sandgehalt voraus, während bei den „Sandmergeln“ der Tongehalt sehr zurück- und dafür der Sand in den Vordergrund tritt. Dabei kann bei den letztgenannten Mergeln der Gehalt an Calciumkarbonat auf 10 % und noch tiefer sinken.

5a. Unter den Mergeln nimmt, weniger durch seine chemische Zusammensetzung, als durch die besondere Art seiner Entstehung, der *Geschiebemergel,* auch „Diluvial-“ oder „Moränenmergel“, eine besondere Stellung ein. Er ist, wie unten (§ 37) näher dargelegt werden wird, die durch Verschwemmungs-, Verwehungs- und Verwitterungsvorgänge mehr oder weniger veränderte, aber noch nicht ihres ursprünglichen Kalk-

---

[1]) Auch die Mergel finden sich in vielen, namentlich aber in den mittleren und jüngeren Gesteinsformationen der Erdrinde (s. § 3). So der „bunte Mergel“ oder „Röt“ im Buntsandstein, der oft steinartig erhärtete, aber allmählich zerfallende „Keupermergel“, der „Mergelschiefer“ des Jura, die „Plänermergel“ der Kreide, die „Septarienmergel“ der Tertiärformation (das Muttergestein der wertvollen Weinbergsböden von Hattenheim, Eltville, Mechsbrunn, Hochheim), die Geschiebemergel des Diluviums (s. u.) u. s. f.

gehaltes beraubte[1]) Grundmoräne des Inlandeises der Diluvialzeit (s. aufserdem § 3). Er besteht aus grofsen, kleineren und kleinsten Bruchstücken sämtlicher die Oberfläche Schwedens und Finnlands bildenden Gesteine, im Gemenge mit dem beim Vorrücken des Eises vom Küstengebiet der Ostsee mitgeschleppten Steingeröll aus den ältesten und aus den der Diluvialzeit unmittelbar vorhergehenden geologischen Perioden. Im Gegensatz zu den darunter anstehenden höchst einförmigen Bestandteilen des Tertiärs besteht also der Geschiebemergel aus Gebilden von gröfster Mannigfaltigkeit, nicht nur nach Korngröfse, sondern auch nach mineralogischem Charakter. Abweichend von den meisten Ablagerungen aus fliefsendem Wasser zeigt er keine geschichtete Lagerung.

So verschiedenartig seine Bestandteile unter sich sind, so weisen doch die Geschiebemergel der verschiedenen Örtlichkeiten, wenigstens in Norddeutschland, allermeist eine auffällige Gleichmäfsigkeit in ihrem Gehalt an grandigen, sandigen und tonigen Teilen auf.

An ihrer Zusammensetzung beteiligen sich

	die grandigen Teile	die sandigen Teile	die tonigen Teile
mit etwa	1—5	60—70	30—40 %.

Die Hauptmasse bildet hiernach der Sand, der aber immer mit gröfseren oder geringeren Mengen von Ton durchsetzt ist.

Der Gehalt der Geschiebemergel an *Calciumkarbonat* schwankt gewöhnlich zwischen 6—12 %, kann aber bis auf 3 % heruntergehen und bis auf 20 % ansteigen. Er ist am gröfsten in den weniger verwitterten grobgrandigen Gemengteilen, am kleinsten im Sand, und steigt dann wieder in den tonigen Teilen.

Der Gehalt an *Kieselerde* (Quarz) überwiegt in den sandigen Bildungen um so mehr, je feinkörniger sie sind.

Der *Feldspat* und die — stets in weit geringeren Mengen vorhandenen — sonstigen Silikate herrschen ebenso wie das kohlensaure Calcium in den grobgrandigen Teilen vor und sinken in den Sanden, aber nicht unter 2—3 %.

Diese Verhältnisse sind für die Beurteilung der aus dem Geschiebemergel hervorgegangenen Böden von gröfster Bedeutung (s. u.).

Auf den geologischen Karten des norddeutschen Flachlandes unterscheidet man zwischen *unterem* und *oberem* Geschiebemergel. Der untere Geschiebemergel ist durch beigemengte organische Bestandteile meist dunkelgrau und braun gefärbt, der obere erscheint gewöhnlich gelblich und ist infolge seiner geringeren Mächtigkeit durch stärkere Auswaschung kalk-

[1]) Der durch Auswaschung entkalkte, noch tonhaltige Rückstand des Geschiebemergels wird als *Geschiebelehm* (S. 56), der an Ton und meist auch an Kalk arme Rest des Geschiebemergels als *Geschiebesand* bezeichnet.

ärmer geworden. Unter der abschwemmenden Wirkung des Wassers ist aus dem nicht geschichteten Diluvialmergel bisweilen ein von Geschieben freier, an Kalk weit reicherer und Schichtung aufweisender Ton- oder Kalkmergel hervorgegangen (z. B. Mergel von Westerweihe im Lüneburgschen).

5b. Derselben geologischen Periode entstammt endlich noch ein hierher gehöriges Gestein, das seine Entstehung höchstwahrscheinlich zum Teil wäfsrigen Absätzen, zum Teil den durch die Gewalt des Windes aufgewirbelten Gesteinsstaubmassen verdankt, das ist der *Löfs*. Er stellt das feinste Zerreibungsprodukt der norddeutschen Diluvialgletscher, ein hauptsächlich aus Calciumkarbonat, Quarzsand und Tonteilchen meist von sehr feiner und gleichmäfsiger Verteilung[1]) bestehendes Gemenge dar, worin der Ton aber so weit zurücktritt, dafs es dessen charakteristische Eigenschaft der Formbarkeit nicht besitzt.

Die folgende Tabelle gibt die *prozentische Zusammensetzung* einiger Mergelarten und Lösse wieder:

	Kalkmergel %	Tonmergel (Westfalen Kreis Ahaus) %	Lehmmergel (Westfalen Kreis Herford) %	Sandmergel (Westfalen Kreis Borken) %	Unterer Geschiebemergel[2]) (Mark) %	Löfs %
Calciumkarbonat	84,1	27,6	25,0	24,2	19,1 (Calcium- und Magnesiumkarbonat zusammen)	10—29
Magnesiumkarbonat	1,1	1,2	1,6	1,2		9—2
Ton	—	45,7	23,7	4,8	9,6	75—44 (Ton und Sand zusammen)
Sand	0,1	14,2	24,7	66,0	71,1	
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,04	?	?	0,8	?	0,1—0,5

5c. Als einen Lehmmergel kann man den dem Alluvium angehörigen *Seeschlick* oder „Seeklei“, das Bildungsmaterial des „Marschbodens“ (s. u. Verschwemmung) und eines der vortrefflichsten Verbesserungsmittel für

[1]) In den tieferen Löfsschichten bisweilen vorkommende eigentümliche Kalkgebilde tragen den Namen „Löfsmännchen“ oder „Mergelnieren“.

[2]) Im Geschiebe-(Lehm-)mergel findet sich der Kalk zum Teil in Form von dichtem Kalkstein oder Kreide, zu einem sehr grofsen Teil aber in sehr feiner Verteilung. Diesem Umstand und dem hohen Gehalt des „Sandes“ an feinem kalireichen Gesteinsstaub ist vielleicht die besonders günstige Wirkung dieser Mergel als Meliorationsmittel zum Teil zuzuschreiben.

Sand- und Moorboden ansehen. Nach Untersuchungen der *Moor-Versuchs-Station* wurden gefunden in trockenem[1]) Seeschlick von der

	Emsmündung	Wesermündung	Elbmündung
	%	%	%
Calciumkarbonat ($CaCO_3$)	10,45	8,25	7,72
Kali (K_2O)	2,60	1,97	2,22
Magnesia (MgO)	2,22	1,61	1,57
Eisenoxyd und Tonerde (Fe_2O_3, Al_2O_3)	19,72	?	16,74
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,20	0,20	0,13
Kieselerde (SiO_2)	54,53	65,18	61,04
Stickstoff	0,28	0,32	?

Abgesehen von der gröfseren oder geringeren Beimengung von Sand (Kieselerde) sind die an der Mündung der drei Flüsse abgesetzten Schlickmassen fast gleich zusammengesetzt.

Von zwei weiteren gleichfalls dem Alluvium zugehörigen Mergelarten, dem *Wiesenmergel* und dem *Moormergel,* ist bereits im Anschlufs an den Wiesenkalk unter 4. die Rede gewesen.

Eine andere, von vielen Geologen gleichfalls den Flözgesteinen zugerechnete Bildung, der Torf, soll erst in einem späteren Kapitel abgehandelt werden.

---

[1]) Der frisch abgelagerte Schlick enthält sehr grofse Wassermengen (bis 70 %). Nach oberflächlichem Abtrocknen bildet er eine „speckige“ Masse. Bei stärkerem Austrocknen und namentlich unter der Einwirkung des Frostes zerfällt er zu kleinen Krümeln. Erst in diesem Zustand findet er als Meliorationsmittel Verwendung.

Kapitel II.

Die Vorgänge bei der Bodenbildung.

Schon bei der Besprechung der gesteinbildenden Mineralien und mehr noch der sedimentären oder Flözgesteine wurden einige der mächtigsten Faktoren angedeutet, die unablässig an der Umwandlung der harten Erdrinde in eine lose, lockere, für die Hervorbringung von Pflanzen geeignete Erdmasse, mit einem Wort, in „Boden“ tätig sind. Ihre Natur und ihr Walten eingehender zu erörtern ist die Aufgabe dieses Kapitels.

Die bei der Bodenbildung beteiligten Kräfte sind teils mechanisch, teils chemisch wirkende, teils vegetative.

A. Mechanische Vorgänge bei der Bodenbildung.

§ 34.

Temperaturänderungen. Bei steigender Temperatur vergrößern, bei sinkender vermindern mit wenigen Ausnahmen alle Körper ihr Volum, und zwar sowohl je nach dem stärkeren oder schwächeren Ansteigen und Sinken der Wärme, als auch nach ihrer verschiedenen Beschaffenheit in verschiedenem Maße. Bei gleichartigen Körpern dehnt sich die stärker erwärmte Oberfläche mehr aus, als das schwächer erwärmte Innere, in Körpern, deren Masse verschiedenartige Bestandteile enthält, auch bei gleichmäßiger Durchwärmung der eine Gemengteil mehr als der andere. Hierdurch werden bei Gesteinen, die sehr starken Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, im Innern Zerrungen und Pressungen hervorgerufen, die eine um so stärkere Lockerung des Zusammenhanges zur Folge haben, je ungleichmäßiger die Erwärmung derselben und je verschiedenartiger ihre Bestandteile sind. Es entstehen in dem festen Gestein Risse und Spalten, die anderen Agentien Zugang und Gelegenheit verschaffen, ihre zerstörende Tätigkeit auf das Innere des Gesteins auszudehnen.

§ 35. *Die Ausdehnung des Eises.* Haben sich erst durch irgendwelche Einwirkungen in einem Gestein Spalten gebildet, in denen Wasser sich ansammeln und zum Gefrieren kommen kann, so ist ein weiteres höchst wirksames Moment zur Zerstörung des festesten Gesteins gegeben. Beim Gefrieren dehnen sich 100 Raumteile Wasser auf 109 Raumteile Eis aus, und dadurch wird eine immer stärkere Erweiterung der Gesteinsspalten,

und schliefslich eine Loslösung gröfserer und kleinerer Bruchstücke vom Muttergestein herbeigeführt.

§ 36.

Die mechanischen Wirkungen des bewegten Wassers und Eises, sowie des Windes. Dieselben sind einerseits auf die *Zertrümmerung der festen Gesteinsrinde,* andererseits auf die Fortführung der Gesteinsbruchstücke nach anderen Stellen gerichtet. Die letzteren Vorgänge bezeichnet man als *Verschwemmung, Transport* und *Verwehung.* Wir betrachten zunächst die *zerstörende* Tätigkeit der drei Faktoren.

Zertrümmerung. Dafs dem unablässig fallenden Tropfen auch das härteste Gestein nicht widersteht, ist eine viel beobachtete und schon in alten Zeiten sprichwörtlich verwertete Erscheinung. Die dadurch hervorgerufenen napfartigen Aushöhlungen können sich unter dem Stofs gröfserer fallender Wassermassen zu tiefen Löchern und Höhlen erweitern, desgleichen nagt sich das fliefsende Wasser allmählich in den unterlagernden Fels hinein, Löcher, Rinnen und schliefslich Täler hervorbringend, die um so tiefer werden, je gröfser die Wassermasse, je stärker ihr Gefälle, je weicher das angegriffene Gesteinsmaterial ist. Die Rinnenbildung gibt dem hindurchströmenden Wasser Gelegenheit, seine erodierenden Wirkungen auf die Ufer des Rinnsals auszudehnen, das anstofsende Gestein zu unterwühlen, sein Nachstürzen und seine Zertrümmerung zu veranlassen.

Eine ähnliche Wirkung übt das durch Ebbe und Flut und durch Wind bewegte *Meereswasser* auf die küstenbildenden Gebirgsarten aus. Sie wird um so eingreifender sein, je höher der Wellenschlag (man hat Wellen von 18 m Höhe beobachtet), je steiler das Ufer, je weicher und zerklüfteter das Küstengestein ist. Während man an manchen, aus besonders widerstandsfähigem Gestein bestehenden Meeresküsten in absehbarer Zeit kaum eine Veränderung wahrnimmt, ist z. B. für die Küste von Norfolk und Suffolk (England) ein jährliches Abnagen von 1 m und mehr landeinwärts festgestellt worden. Ungleichmäfsige Beschaffenheit des Gesteins, namentlich Wechsel zwischen leichter und schwerer angreifbaren Gesteinsteilen begünstigt die Zerstörung. Durch Erosion der weicheren Partieen werden die widerstandsfähigeren in Form von Platten, Säulen, Nadeln blofsgelegt und unterliegen dann leichter dem nagenden Einflufs des Wassers (Küste von Helgoland).[1])

Wesentlich verstärkt wird die zerstörende Wirkung des bewegten Wassers durch die losgelösten Gesteinsbruchstücke, Schutt, Geröll, Kies und Sand, die, vom Wasser fortgerissen, mit kräftigem Stofs auf das an-

[1]) Helgoland, dessen Gröfse jetzt etwa $^1/_{100}$ Quadratmeile beträgt, soll vor etwa 1000 Jahren noch $1^1/_2$ Quadratmeilen grofs gewesen sein.

stehende Gestein aufprallen oder dieses durch Reibung allmählich zerschleifen.[1]) Steinen, die durch fliefsendes Wasser in wirbelnder Bewegung gehalten werden, ist auch die Entstehung jener eigentümlichen, oft in das härteste Gestein eingebohrten Höhlungen zuzuschreiben, die man als „Riesentöpfe“ („Gletschertöpfe“, „Gletschermühlen“) zu bezeichnen pflegt.

Als ein nicht minder gewaltiges Werkzeug zur Zerstörung der Gesteinsmassen ist das Wasser im festen Zustande, das *Eis,* anzusehen. Die vom Wasser gegen den Felsen getragene Eisscholle höhlt diesen in gleicher Weise wie das vom Wasser getriebene Felsstück durch Stofs und Reibung. Weit mächtiger aber ist die Wirkung der grofsen Eisströme, die von den Kuppen unserer höchsten Gebirge unter dem Druck des sich immer erneuernden Firnschnees und Firneises[2]) unablässig den Tälern der Tiefe zu sich fortschieben und in ihrem Laufe Unterlage wie Ufer ritzen, zerschleifen und zerbröckeln. Diese Eisströme sind die *Gletscher.*

Endlich ist auch dem *Winde* ein bisweilen nicht unerheblicher Einflufs auf die Zernagung festen Gesteins zuzuerkennen. Wie es der neueren Technik gelingt, mittels feinen Sandes, der durch einen kräftigen Luftstrom gegen Glasplatten getrieben wird („Sandgebläse“), in diese die mannigfaltigsten Figuren hinein zu „nagen“, so wirken die vom heftigen Winde — er kann bis 28 m in der Sekunde zurücklegen — bewegten Sand- und Staubteilchen zerreibend zunächst auf die weicheren Teile eines Gesteins ein, zerstören so seinen Zusammenhang und führen Zerklüftungen und Abstürze herbei.

Bisher war nur die Rede von der *zerstörenden* Wirkung, die bewegtes Wasser, Eis und Wind auf das anstehende, d. h. noch einen integrierenden Teil der festen Erdrinde bildende Gestein ausüben. Weit eingreifendere Veränderungen erleiden aber die vom Wasser und Eis mitgeführten Gesteinstrümmer. Je stärker das Gefälle des Wasserlaufes, um so mehr zerreiben sich die fortgerissenen Bruchstücke gegenseitig und an den Wänden des Flufsbettes zu immer kleinerem Geröll und schliefslich zu feinem Schlamm.

[1]) Auffällige Beispiele für die aushöhlende Gewalt des mit Steinschutt beladenen Wassers bieten die „Klammen“ der Bayrischen und Österreichischen Alpen, ferner die im nordamerikanischen Staate Columbia vorkommenden, tief in hartes Gestein eingeschnittenen alten Wasserläufe („Cañons“ und „Coulées“). Die „Grande-Coulée“ schneidet bei einer Breite von mehreren englischen Meilen mit fast senkrechten Wänden 800 Fufs tief in den Basalt ein.

[2]) *Firn* oder *Firnschnee* nennt man die aus den Flocken des Hochschnees durch Verschmelzung und nachfolgendes Zusammenfrieren entstandene, von zahlreichen Luftbläschen durchsetzte körnige Masse. Durch den Druck der oberen Firnmassen auf die darunter liegenden verdichten sich diese zu *Firneis* und schliefslich zu *Gletschereis.*

Auch die Gletscher nehmen bei ihrem Vorrücken zahlreiche Gesteinstrümmer, nicht selten mächtige Blöcke mit sich, die entweder durch den Druck des Eises von der unebenen Gletschersohle losgelöst werden, oder, von den den Gletscher seitlich begrenzenden Felsmassen durch Spaltenfrost (s. o.) abgetrennt, auf den Gletscherrand stürzen und die *Seitenmoränen*[1]) des Gletschers bilden. Geraten diese, zunächst scharfkantigen Schuttgesteine durch die bei verschiedenen Veranlassungen sich bildenden Gletscherspalten auf die Sohle des Gletschers oder zwischen diesen und seine felsigen Ufer, so werden sie allmählich zermalmt, in abgerundetes Geröll und in einen feinen Schlamm umgewandelt und von den aus dem Gletscher austretenden Schmelzwassern weiter fortgeführt.

§ 37. *Verschwemmung, Transport, Verwehung.* Die aus dem Gebirge in die Ebene eintretenden *Wasserläufe* verlieren allmählich immer mehr an Stromgeschwindigkeit und damit an Stofs- und Tragkraft für die mitgeführten Gesteinstrümmer. Je gröfser die letzteren sind, um so früher lagern sie sich ab, die Talsohle erhöhend, so lange, bis der Wasserlauf im alten Bette nicht mehr Platz findet, zudem aufgestaut durch selbstgeschaffene Gesteinsbarren, über seine natürlichen Ufer tritt und die angrenzenden Flächen mit Geröll, Kies und Sand überschüttet. Je *feiner* die im Wasser schwebenden Gesteinsreste sind, und je geringer ihr *spezifisches Gewicht,* um so länger werden sie im Wasser „schwebend“ („suspendiert“) erhalten, um so weiter können sie von ihrer Ursprungsstätte fortgetragen werden, bis auch sie infolge der sich mehr und mehr verlangsamenden Stromgeschwindigkeit im Flufsgebiete selbst oder in den den Flufs aufnehmenden Seeen und Meeren zum Absatz gelangen. Den bei der Verschwemmung hauptsächlich in Betracht kommenden Gesteinselementen kommt etwa folgendes *spezifische Gewicht* zu:

Eisenkies	Augit Olivin Epidot Hornblende	Apatit	Glimmer Chlorit Magnesit Dolomit	Feldspate Nephelin Serpentin Quarz Kalkspat	Zeolithe Kaolin
5—5,25	2,9—3,5	3—3,25	2,8—3,1	2,5—2,75	2—2,25.

[1]) Als „End-“ oder „Stirnmoräne“ pflegt man die Schutt- und Geröllmassen zu bezeichnen, die beim Abschmelzen des Gletschers an seiner tiefsten Grenzlinie auf das darunter liegende Gestein stürzen und oft mächtige Wälle bilden. „Mittelmoräne“ nennt man die bei der Vereinigung zweier Gletscherströme aus den beiden einander zugewandten Seitenmoränen sich zusammensetzende Schuttinsel; „Grundmoräne“, die unter dem Gletscherstrom befindliche lose Gesteinsmasse.

Wenn hiernach die spezifischen Gewichte der Mineralien, abgesehen von dem Eisenkies, auch nicht in weiten Grenzen schwanken, so lassen obige Zahlen doch darauf schliefsen, dafs die *tonigen* Gesteinsreste sich länger im Wasser schwebend erhalten können, als die aus den übrigen Mineralien und namentlich aus Quarz bestehenden *Sande.*[1]) Ganz besonders aber wird die Ablagerung der ersteren erschwert durch die äufserst feine Verteilung der Tonteilchen. Dennoch kommen auch diese allmählich zum Absatz, wenn die Stromgeschwindigkeit durch irgend welche Umstände, z. B. durch Gegenströmungen oder durch gehinderten Rückflufs des Wassers nach Überschwemmungen, gemindert wird. Innerhalb des Flufsgebietes bilden sich dann durch die stattfindenden Ablagerungen die *Flufsmarsch-* oder *Aue*böden. An der Mündung der Flüsse in das Meer tritt zu der den Flufslauf zur Ruhe bringenden Wirkung der *Flut* noch der Einflufs, den die Salze des Meerwassers auf die Flockung und das Niederfallen der suspendierten Tonteilchen ausüben (§ 16). Die an der Mündung der Flüsse in die See sich ablagernden Sinkstoffe (Seeschlick § 33, 5c) bilden dort „Barren“, „Watten“, *Seemarschboden*[2]) und geben unter gewissen Umständen, deren Erörterung uns hier zu weit führen würde, Veranlassung zur Entstehung von „Flufsdeltas“. Alle diese noch fortdauernd unter Mitwirkung der Flüsse (und des Windes, s. u.) sich bildenden Ablagerungen rechnet man zum *Alluvium* (§ 3).[3])

Ebenso wie das fliefsende Wasser „transportiert“ das Gletschereis grofse Steinmassen verschiedenster Art von der Höhe der Berge in die Täler hinab, teils wenig verändert als scharfkantige Bruchstücke, teils zu feinem Staub und Schlamm zermahlen (s. o.), der dann von dem Schmelzwasser aufgenommen und weiter verschwemmt wird. Noch zu unserer Zeit ist diese abtragende Tätigkeit der Gletscher eine sehr be-

---

[1]) Eine Folge der durch das fliefsende Wasser bewirkten „Entmischung“ der Gemengteile eines Gesteins ist z. B. die Entstehung des Geschiebesandes aus dem Geschiebelehm (s. § 33, 5a).

[2]) Die Schlammabsätze, die den fruchtbaren Marschboden bilden, sucht man an der Nordseeküste künstlich dadurch zu befördern, dafs man durch Anlage von Fangdämmen („Schlengen“), Zäunen, Gräben dem bei der Ebbe zurückweichenden Wasser Hindernisse bereitet, seine Ablaufsgeschwindigkeit und damit seine Tragfähigkeit vermindert („Polder“anlage).

[3]) Als „Marsch“ im Gegensatz zur „Geest“ bezeichnet man im nordwestlichen Deutschland die äufserst fruchtbaren, völlig horizontalen Schlammablagerungen der Flüsse, die sich in gröfserer oder geringerer Breite am Meeresufer entlang ziehen und die Talniederungen der Flüsse ausfüllen. Die daran stofsende, meist weit über dem Spiegel der höchsten Fluten belegene, mehr oder minder wellige „Geest“ besteht im wesentlichen aus Bildungen des Diluviums (s. u.), aus denen nur an einigen Stellen Gesteine älterer Formationen hervorragen.

deutende,[1]) weit gewaltiger war sie natürlich in jener als *Diluvialzeit* oder *Eiszeit* bezeichneten Bildungsperiode, da Nordeuropa und Nordamerika infolge erheblicher Temperaturerniedrigung und demgemäfs vermehrter Niederschlagsmengen zum gröfseren Teil von Eis bedeckt waren, das von gewissen Zentralpunkten im hohen Norden her dem tiefer liegenden Süden zudrängte und in gleicher Weise, aber in gröfserem Mafse die gebirgzerstörenden und felsversetzenden Wirkungen ausübte, wie wir sie bei den noch heute vorhandenen Gletschern beobachten.

Die über den Gebirgen des nördlichen Skandinaviens und Finnlands angehäuften, vielleicht mehrere tausend Meter mächtigen Eismassen kamen auf ihrer geneigten Unterlage ins Gleiten und schoben sich, die vorhandenen Meerbecken ausfüllend und unter dem Druck des nachdrängenden Eises selbst beträchtliche Bodenerhebungen mit Leichtigkeit übersteigend, nach Süden bis in die Gegend der deutschen Mittelgebirge, im Westen bis nach Holland und England, im Südosten bis in die Flufsgebiete des Schwarzen und des Kaspischen Meeres so lange vor, bis das zunehmende Abschmelzen in den wärmeren Landstrichen dem Vorrücken ein Ziel setzte. Soweit das vom vordringenden Eise berührte Gestein bereits durch den zerstörenden Einflufs der einwirkenden Naturkräfte zermürbt war, schlossen sich seine Bruchstücke als Grundmoräne (S. 66, Anm.) der Bewegung des Eises an. Sie halfen die noch feste Gesteinsunterlage zu flachen Buckeln abzurunden, die Oberfläche abzuschleifen und in eigentümlichen, vielfach noch jetzt deutlich erkennbaren parallelen Schrammen zu ritzen („Gletscherschliffe“)

Unter dem ungeheuren Druck des vorrückenden Eises wurden die grofsen mitgeschleppten Gesteinsblöcke allmählich zertrümmert, die kleineren Bruchstücke zu Geröll, Kies und endlich zu feinem und feinstem Sand und Schlamm zermahlen. Am Abschmelzrande des Eises lagerte sich der gröbere Gesteinsschutt als Endmoräne oft in langgestreckten Wällen oder Hügelketten über das Tertiär, während die kleineren Teile, die Grande und Sande, durch die Schmelzwasser weiter geführt wurden. Wich infolge stärkerer Abschmelzung die Randlinie des Eises nach Norden zurück, so blieb das gesamte, seiner Zeit mitgeführte Steinmaterial als „*Grundmoräne*“ zu Tage liegen. Es bildet den „Geschiebemergel“ (s. o.), der mit seinen Abkömmlingen den gröfsten Teil Norddeutschlands bedeckt.[2])

---

[1]) An einem Augusttag führt der aus den Firnmulden des Finsteraarhorns in das Haslital herabstürzende Aargletscher mehr als 280000 kg fester Stoffe allein den Gletscherbächen zu.

[2]) Die in den obigen Ausführungen kurz dargelegte Anschauung von der Bildung des Diluviums, die sogenannte „Glacial“-Theorie, ist zuerst von dem schwedischen Geologen Torell begründet worden und jetzt allgemein anerkannt. Sie trat an die Stelle der vorher herrschenden „Trift“-Theorie, die einen Transport der nordischen Gesteine auf schwimmendem Eise (durch „Trift“) annahm.

Das Vorkommen tierischer und pflanzlicher Reste, stellenweise von Moorbildungen in verschiedenen Bodentiefen des Diluviums läfst erkennen, dafs es in Nordeuropa mehrere, und zwar mindestens drei Vereisungsperioden gegeben hat. Sie waren durch „Interglacialzeiten“ getrennt, während deren die vom Eise befreite Oberfläche einer auf gröfsere Wärme angewiesenen Flora und Fauna geeignete Lebensbedingungen bot. (Vergl. die Einleitung, § 3, Anmerkung S. 7.)

Auch im südlichen Deutschland beobachtet man die Spuren einer ein- oder mehrmaligen, von den Alpen ausgehenden Vergletscherung der nördlich angrenzenden Landstriche.

Endlich ist noch der *transportierenden Tätigkeit des Windes* zu gedenken. Ist ein Gestein erst zu Staub oder Sand zerfallen, so unterliegen die feinen Körner, falls sie nicht durch natürliche oder künstliche Mittel festgelegt werden, in erheblichem Mafse der Wirkung des Windes. Der Sand der Sahara wird durch heftige Südwinde über das Meer hinweg bis in das südliche Frankreich getragen, der *Löfs* scheint in manchen Gegenden hauptsächlich der Tätigkeit des Windes seine Ablagerung zu verdanken, und mit Sicherheit wissen wir dies von einer noch fortwährend unter unseren Augen entstehenden Bildung, den *Dünen.* Wo der Meeresstrand aus feinem Sand besteht, oder der sandige Meeresgrund durch die Ebbe trocken gelegt wird, führt der Seewind das leichtbewegliche Material landeinwärts und türmt es zu Hügeln und langgestreckten Wällen von oft sehr bedeutender Höhe (bis 200 m und darüber) auf, deren äufsere, dem Meere zugewandte Böschung flach ist, deren Landseite meist ziemlich starkes Einfallen und nicht selten Schichtung zeigt. Stellen sich nicht natürliche Hindernisse entgegen, oder wird nicht die Düne durch künstliche Mafsnahmen, namentlich durch Bepflanzen mit anspruchslosen und widerstandsfähigen Gewächsen (z. B. Strandhafer, Elymus avenarius) befestigt, so wandert sie unter dem Druck des Windes, der den Sand an der Windseite in die Höhe treibt, ihn an der Landseite herabfallen läfst, meilenweit in das Land hinein, Kulturland und Häuser verschüttend und Flüsse aus ihrem Lauf verdrängend.

Auch im Binnenlande, häufig Flufsläufe begleitend, finden sich nicht selten *Sandwehen* und ganze Dünenzüge, deren Material entweder den Ablagerungen des Flusses oder auch diluvialen Sanden entstammt.

B. Chemische Vorgänge bei der Bodenbildung.

Die Wirkungen der bisher in ihrem Walten geschilderten mechanischen Kräfte auf die Umwandlung der starren Erdrinde würden bei deren ursprünglicher Beschaffenheit nur aufserordentlich langsame sein können, wenn ihnen nicht durch gewisse Vorgänge vorgearbeitet würde, die chemischen Kräften entspringen.

§ 38.

Verwitterung. Keines der die Erdkruste bildenden Gesteine widersteht auf die Dauer dem chemischen Angriff gewisser Stoffe, die in unerschöpflichen Mengen in der den Erdkörper umspülenden Atmosphäre vorhanden sind, dem *Sauerstoff*, der *Kohlensäure*[1]) und dem *Wasser*. Langsam, solange die Gesteinsoberfläche noch glatt und unverletzt ist, schneller, sobald erst feine und sich immer mehr erweiternde Risse und Spalten den Zugang zum Innern verstatten, bewirken diese Agentien eine chemische Umsetzung der Mineralbestandteile und führen dadurch die Zerstörung der ursprünglichen Gesteinsmasse herbei.[2]) Diese Vorgänge, an denen sich alle drei Faktoren fast immer gleichzeitig oder in schneller Aufeinanderfolge beteiligen, nennt man „Verwitterung im engeren Sinne" oder: ***Einfache Verwitterung.***

§ 39. Der *Sauerstoff* hat, ganz im Gegensatz zu dem anderen Hauptbestandteile der Atmosphäre, dem Stickstoff, ein hervorragendes Bestreben, mit anderen Elementen sich zu vereinigen, sie zu *oxydieren*. Seine Verwandtschaftsäufserungen sind besonders energisch, wenn er sich in dem „erregten" Zustand befindet, in dem man ihn als „aktiven Sauerstoff" oder als *Ozon* bezeichnet. In diesen Zustand geht er unter der Einwirkung des elektrischen Funkens und ferner in Berührung mit Stoffen über, die in langsamer Oxydation oder Verbrennung begriffen sind. Infolgedessen enthält die atmosphärische Luft fast immer gröfsere oder kleinere Mengen von Ozon. Bei Gesteinen, die *Eisen* in niedrigen Oxydationsstufen, als Eisenoxydul oder Eisenoxydoxydul (Magneteisen, § 24) enthalten, äufsert sich die Wirksamkeit des Sauerstoffs in der Weise, dafs jene Verbindungen zu Oxyden oxydiert werden. Äufserlich macht sich dieser Vorgang meist durch Übergang der schwarzen, blauen oder grünen Farbe in rot oder gelb bemerklich.[3]) Zugleich aber wird dadurch der innere Zusammenhang zwischen den Mineralelementen zerstört und ein Zerfall der Mineralien und der Gesteine *herbeigeführt*. Eine Oxydation erleidet auch der in

---

[1]) Unter „Kohlensäure" wird hier und im folgenden entweder das Kohlendioxyd (CO_2) oder die wirkliche Kohlensäure (H_2CO_3) verstanden (§ 17).

[2]) Auf die Verwitterung ist auch das Klima insofern von Einflufs, als höhere Temperaturen, starke Niederschläge, üppiger Pflanzenwuchs (s. u.) die chemischen Zersetzungsvorgänge befördern. So pflegen die *„Lateritböden" der Tropenländer*, stark eisenhaltige, aus Granit, Gneifs, Syenit und anderen Gesteinen hervorgegangene, poröse Lehmböden, infolge der energischen Verwitterung jener harten Gesteine sehr tiefgründig zu sein.

[3]) Eine derartige Oxydation beobachtet man z. B. oft an frisch ausgegrabenem, blauem oder grauem Ziegelton, der schon bei längerem Liegen an der Luft und mehr noch beim Brennen eine gelbe oder rote Farbe annimmt.

manchen Gesteinen vorhandene Eisenkies (FeS_2, § 23). Die dabei entstehende freie *Schwefelsäure*, eine der stärksten bekannten Säuren, wirkt auf die mit ihr in Berührung kommenden Karbonate und Silikate sehr energisch zersetzend ein, indem sie die kieselsauren Salze unter Abscheidung von Kieselsäure, die kohlensauren unter Austreibung von Kohlendioxyd in Sulfate (z. B. in Gips) umwandelt, die vom Wasser meist leichter gelöst werden, als die ursprünglichen Verbindungen. Enthält ein Gestein Beimengungen organischer Natur, wie z. B. der Ortstein (§ 33, 2), so werden diese durch den Sauerstoff unter Überführung ihres Kohlenstoffs in Kohlendioxyd, ihres Wasserstoffs in Wasser zerstört und dadurch der Gesteinszusammenhang gelockert. Ortstein zerfällt bei längerem Liegen an der Luft zu einzelnen Sandpartikeln.[1]) Weiteres über die zersetzenden Wirkungen, die der Sauerstoff auf organische Stoffe und deren Abkömmlinge ausübt, werden die Erörterungen über die „vegetativen Vorgänge" bei der Bodenbildung bringen (s. u.).

§ 40. Das *Wasser* wirkt schon im reinen Zustande lösend und meist auch zersetzend auf die bodenbildenden Gesteine ein, in weit höherem Grade aber in Gemeinschaft mit Sauerstoff und *Kohlensäure,* die das natürliche Wasser in nicht unbeträchtlichen Mengen gelöst enthält. Bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Druck können 100 Maſsteile Wasser ungefähr 3 Maſsteile Sauerstoff und 100 Maſsteile Kohlendioxyd aufnehmen.

§ 41. Sehr einfach verläuft unter der Einwirkung kohlensäurehaltigen Wassers die *Verwitterung der Karbonate* (§§ 17 u. 33, 4). 10000 Teile mit Kohlensäure gesättigten Wassers können in Lösung bringen:

Calciumkarbonat	Magnesiumkarbonat	Dolomit	Eisenoxydulkarbonat
($CaCO_3$)	($MgCO_3$)	($CaCO_3$, $MgCO_3$)	($FeCO_3$)
10	13	3	7 Teile.

Wirkt mithin kohlensäurehaltiges Wasser auf Gesteine ein, welche ganz oder zum Teil aus Karbonaten bestehen, so können diese allmählich gelöst und von ihrer ursprünglichen Lagerstätte ganz fortgeführt werden, während etwaige Nebenbestandteile, wie Quarz, Sand, Silikate, Ton, Eisenoxyd, meist in gelockertem Zusammenhange und gewöhnlich dunkler gefärbt zurückbleiben. Die Auslaugung des Calciumkarbonates aus kalkhaltigen Böden durch das Tagwasser erfolgt schichtenweise in der Art, daſs die untere Schicht erst dann an die Reihe kommt, wenn die obere völlig von Kalk

[1]) Nach Emeis kann ein Zerfall dieser eigentümlichen Gesteinsbildung, falls es sich um wirklichen Ortstein, d. h. durch humose Stoffe und nicht durch Eisenverbindungen verkitteten Sand handelt, schon durch eine gründliche Entwässerung der ortsteinführenden Bodenschichten herbeigeführt werden.

befreit ist. Daher findet sich häufig z. B. eine ganz kalkarme Geschiebelehmschicht unmittelbar auf kalkhaltigem, ja bisweilen durch den Oberflächenkalk noch über den ursprünglichen Gehalt hinaus angereicherten Geschiebemergel aufgelagert. Auf *Dolomit* (§ 33, 4) wirkt das kohlensäurehaltige Wasser in der Weise zersetzend ein, dafs es zunächst vornehmlich Calciumkarbonat entführt, also eine Masse zurückläfst, die an Magnesiumkarbonat reicher ist. Die vom Wasser aufgelösten und fortgeschwemmten Karbonate gelangen unter geeigneten Verhältnissen an anderen Stellen wieder zum Absatz, wobei das Ferrokarbonat allermeist in Eisenoxyd und Eisenhydroxyd umgewandelt wird (§ 18).

§ 42. *Verwitterung der Sulfate.* Das an der Bodenbildung vornehmlich beteiligte *Sulfat,* das Calciumsulfat (Gips, Anhydrid), wird gleichfalls durch Wasser in Lösung gebracht (ein Gehalt des Wassers an Kohlensäure scheint die Löslichkeit nicht zu erhöhen), und zwar können 10000 Teile Wasser ungefähr 25 Teile Calciumsulfat aufnehmen. Unter dem Einflufs organischer Stoffe erleiden die Sulfate eine Reduktion und gehen schliefslich in Karbonate über (§ 22).

§ 43. *Verwitterung der Phosphate und der Kieselerdemineralien.* Auch die in vielen Gesteinen vorkommenden *Phosphate* werden durch kohlensäurehaltiges Wasser gelöst. Die Löslichkeit ist bei den verschiedenen Phosphaten sehr verschieden, jedoch stets sehr gering. Noch schwerer löslich scheinen der *Quarz* und die übrigen *Kieselerdemineralien* zu sein; in weit gröfseren Mengen löst sich Kieselerde in kohlensaurem Wasser, wenn sie aus sich zersetzenden Silikaten abgeschieden wird.

§ 44. *Die Verwitterung der kieselsauren Salze* unter dem Einflufs von Kohlensäure und Wasser verläuft sehr verschieden, je nach der physikalischen Beschaffenheit (Struktur) und chemischen Zusammensetzung des Minerals und je nach dem vorhandenen Vorrat an den genannten Lösungsmitteln. Je weniger Hindernisse die Struktur eines Minerals dem Eindringen der lösenden Agentien in den Weg stellt, je mehr Angriffspunkte die letzteren finden, um so energischer werden sie im allgemeinen ihr Zerstörungswerk vollbringen. Ihm wird wesentlich vorgearbeitet, wenn das Mineral Eisenoxydul enthält, das unter dem Einflufs des Sauerstoffs höher oxydiert wird und dadurch den Zusammenhang der Mineralelemente lockert.

Von den in den Silikaten enthaltenen *Metallen* unterliegt im allgemeinen am leichtesten das Calcium und das Eisen der Oxydulverbindungen dem Angriff der Kohlensäure, es folgt das Natrium, dann erst das Kalium und das Magnesium (letzteres ist meist noch schwerer angreifbar als das Kalium). Sie werden durch die Kohlensäure in Karbonate übergeführt

und, in Wasser gelöst, dem Mineral entzogen. An ihre Stelle tritt häufig etwas Wasser in das Silikat ein. Die entstandenen Karbonate können ferner lösend auf die Kieselsäure einwirken und einen Teil davon mitführen. Aluminium und das Eisen der Ferriverbindungen werden von der Kohlensäure gar nicht angegriffen und bleiben als wasserhaltiges Eisen- und Aluminiumsilikat zurück. Auf diese Weise kann z. B. der *Orthoklas* (Kalifeldspat) sich allmählich in *Kaolin* umwandeln, ein Vorgang, der sich durch folgende schematische Darstellung veranschaulichen läfst:

		Kali		Tonerde		Kieselerde		Wasser
In 100 Orthoklas $[K_2Al_2(Si_3O_8)_2]$	=	K_2O	+	Al_2O_3	+	$6SiO_2$		
sind enthalten		16,9		18,5		64,6		0
Es treten aus (—), ein (+)	—	16,9		0	—	43,1	+	6,5
Es bleiben				18,5	+	21,5	+	6,5
= 46,5 Kaolin $[H_2Al_2(SiO_4)_2 + H_2O]$ =				Al_2O_3	+	$2SiO_2$	+	$2H_2O$.

Der in der Natur vorkommende Kaolin enthält immer noch Alkalien. Es geht also in Wirklichkeit die Zersetzung nie so vollständig vor sich, wie es nach obiger Darstellung scheinen möchte, und dasselbe gilt für die Verwitterung der übrigen Silikate und namentlich der an Magnesium reichen. So verwittert der *Olivin*[1]) infolge der meist vorhandenen feinen Sprünge und Spalten zuerst leicht, indem das stets darin enthaltene Eisenoxydul in Eisenoxyd übergeführt wird. Der an Magnesium reiche Rest aber wandelt sich unter Wasseraufnahme in ein schwer verwitterbares Magnesiumsilikat, meist in *Serpentin* um. Aus *Augit* und *Hornblende* treten leicht Calcium, Eisenoxydul und die etwa vorhandenen Alkalien als Karbonate aus, zurück aber bleiben an Magnesium reiche, schwer zersetzliche Silikate: Serpentin, Talk, Chlorit oder, wenn die Muttermineralien Aluminium enthielten, Magnesiaglimmer. Erst bei weiterem Fortschreiten der Verwitterung wird auch das Magnesium in Karbonat übergeführt, und es bleiben dann von den aluminiumhaltigen Mineralien *eisenhaltige Tone* als Endprodukt zurück. Wenn nach dem oben Gesagten im allgemeinen die an Calcium und Eisenoxydul reichen Silikate schneller als die an Natrium reichen, und diese schneller als die an Kalium und namentlich an Magnesium reichen der Verwitterung unterliegen, so wirken hierauf doch noch andere Umstände fördernd ein, unter deren Einflufs jene Gesetzmäfsigkeiten modifiziert werden. Im Einklang mit den letzteren steht es, wenn die an Natrium und Calcium reichen *Plagioklase* schneller zu verwittern pflegen als der *Kalifeldspat,* dafs die *Augite* sich schneller zersetzen als die an Aluminium und Magnesium reicheren, an Calcium ärmeren *Hornblenden*. Dagegen ist der an Kali reiche *Muscovit* (Kali-

[1]) Vergl. die Übersicht über die Zusammensetzung der wichtigsten Silikate (§ 15).

glimmer) fast unverwitterbar, während die Zersetzung des *Magnesiaglimmers* trotz seines hohen Magnesiumgehaltes verhältnismäſsig leicht erfolgt. Diese und andere Tatsachen lassen vermuten, daſs auch das Verhältnis zwischen Kieselsäure und Metall innerhalb der Silikate von Einfluſs auf deren Zersetzlichkeit ist. Diese scheint sich mit Zunahme des Kieselsäuregehaltes zu verringern. (Vergl. auch die früheren Mitteilungen über das chemische Verhalten der Silikate, § 16.)

§ 45.

Die komplizierte Verwitterung. Bei den vorhin betrachteten Vorgängen der einfachen Verwitterung entstehen Lösungen von verschiedenen Salzen des Kaliums, Natriums, Calciums, Magnesiums, Eisenoxyduls, sowie von Kieselsäure, die aufeinander sowie auf die ursprünglichen oder bereits mehr oder weniger zersetzten Gesteinsbestandteile chemisch einwirken und die mannigfaltigsten Umwandlungen hervorbringen können. Diese Vorgänge faſst man unter dem Namen „komplizierte Verwitterung“ zusammen.

Wie bereits früher auseinandergesetzt ist (§ 18, Anm.), findet bei der Berührung zweier chemisch aufeinander einwirkenden Körper folgendes statt: Falls durch Vereinigung des einen mit dem andern, oder eines Bestandteils des einen mit einem Bestandteil des anderen Körpers eine Verbindung entstehen kann, die von den vorhandenen Agentien nicht mehr chemisch beeinfluſst wird, so wird diese in einer Menge gebildet, die den vorhandenen aufeinander wirkenden Mengen der Bestandteile entspricht (die Umsetzung ist eine vollständige). Bleiben jedoch die möglichen Umsetzungsprodukte der chemischen Einwirkung der anwesenden Agentien zugänglich, so ist die Umsetzung nur eine beschränkte und in ihrer Gröſse abhängig von der Gröſse der chemischen Anziehungskraft, die die einzelnen Bestandteile aufeinander ausüben, und von den Mengen, in denen sie vorhanden sind. Dieses Gesetz gilt nicht nur für gelöste Stoffe, sondern auch dann, wenn ein gelöster mit einem festen Stoff in Berührung kommt, der seiner chemischen Einwirkung zugänglich ist. Da also die chemische Wirkung eines Stoffes nicht bloſs von der chemischen Anziehung, die er auf einen anderen ausübt, sondern zugleich auch von der Masse abhängig ist, mit der er in die Reaktion eintritt, so kann unter Umständen ein mit schwächerer chemischer Verwandtschaft ausgestatteter Stoff einen mit stärkerer Anziehungskraft begabten aus seinen Verbindungen verdrängen, wenn er nur in genügender Menge vorhanden ist.

§ 46. *Beispiele für die komplizierte Verwitterung.* Obwohl das Calcium eine weit schwächere Verwandtschaft zu den Säuren hat als das Kalium, kann es, in ausreichender Menge (als gelöstes saures Calciumkarbonat) zugeführt, in Kaliumsilikaten an die Stelle des Kaliums treten.

So verwandelt sich unter Umständen der an Kalium reiche, Calcium nicht enthaltende *Orthoklas* in den an Calcium reichen, kaliumfreien *Epidot*, wobei zugleich Aluminium durch Eisen ersetzt wird. So kann ferner, je nach dem Mengenverhältnis der aufeinander chemisch einwirkenden Stoffe, die *Hornblende* $CaMg(SiO_3)_2$ in den an Calcium reichen *Epidot* oder in den an Magnesium reichen *Chlorit* übergehen. Im ersteren Fall tritt an die Stelle des Magnesiums Calcium, im anderen an die Stelle des Calciums in der Hornblende Magnesium. Es liegt auf der Hand, dafs bei diesem Verhalten der chemisch aufeinander einwirkenden Mineralbestandteile die mannigfaltigsten Umwandlungen eintreten können. Durch die komplizierte Verwitterung werden auch diejenigen Bestandteile der Silikate, die der einfachen Verwitterung am längsten widerstehen (s. o.), die Tonerde Al_2O_3 und das Eisenoxyd Fe_2O_3 angegriffen und in Bewegung gebracht, indem sie sich in den Lösungen von Karbonaten, Sulfaten, Chloriden auflösen, wobei Kieselerde als Quarz oder Opal abgesetzt wird.

Ein wichtiges Produkt der komplizierten Verwitterung sind die *Zeolithe*. Sie können sich aus wasserfreien Silikaten durch Ersatz von Kalium durch Natrium und Aufnahme von Wasser bilden. So entsteht bei Einwirkung von Natriumkarbonat- oder Natriumchloridlösung auf *Leucit* $K_2Al_2(SiO_3)_4$ der zur Zeolithgruppe gehörige *Analcim* $Na_2Al_2(SiO_3)_4 + 2H_2O$ unter gleichzeitiger Bildung von Kaliumchlorid KCl oder Kaliumkarbonat K_2CO_3. Ferner entstehen Zeolithe durch Einwirkung der Lösung von Natrium- oder Calciumsalzen auf Ton oder auf Lösungen von Kieselsäure und Tonerde. Da sie neben Aluminium fast immer nur Natrium und Calcium, aber fast nie Kalium und Magnesium enthalten, so bilden sie sich fast nur in den aus Calcium-Natrium-Silikaten bestehenden, höchst selten in kalium- oder magnesiumreichen Gesteinen. Übrigens läfst sich, wie wir später sehen werden, durch Einwirkung von Kaliumsalzen das Natrium und das Calcium der Zeolithe sehr leicht durch Kalium und andere Stoffe ersetzen, wobei sie eigentümlicherweise ihr Wasser verlieren.

C. Umwandlung der Gesteine in Boden unter dem Einflufs der mechanisch und chemisch wirkenden Kräfte.

Für die Schnelligkeit, mit der unter dem Einflufs der oben geschilderten Kräfte aus den Gesteinen der festen Erdrinde Boden gebildet wird, und für die Beschaffenheit des letzteren sind im wesentlichen als Faktoren mafsgebend: a) die Beschaffenheit der gesteinbildenden Mineralien und b) die einwirkenden Wassermengen.

§ 47.

Einflufs der Beschaffenheit der gesteinbildenden Mineralien auf die Umwandlung. 1. *Die Oberflächengestaltung des verwitternden*

Gesteins. Ist diese eben oder gar muldenförmig, so werden nur die durch den Verwitterungsprozefs löslich gewordenen Stoffe durch das Wasser fortgeführt; auf geneigten oder abschüssigen Flächen tritt dagegen zugleich auch die mechanische, auch ungelöste Stoffe verschwemmende Kraft des Wassers in Wirkung. *Granit* mit ebener oder muldenförmiger Oberfläche hinterläfst bei seiner Verwitterung einen an Ton und Glimmerteilchen reichen *Lehmboden,* auf stark abfallenden Flächen wird Ton und Glimmer fortgeschwemmt, und es bleibt tonarmer *Sandboden* zurück.

2. *Die Struktur des verwitternden Gesteins.* Je leichteren Zutritt ein Gestein den Verwitterungsagentien Wasser, Sauerstoff, Kohlensäure gewährt, um so energischer können diese bodenbildend einwirken. *Geschichtete* und *schiefrige* Gesteine werden im allgemeinen schneller der Verwitterung unterliegen, als *kompakte:* Gneifs schneller als Granit, die Flöz- oder Sedimentärgesteine schneller als die kristallinischen Massengesteine. Sind die geschichteten Gesteine durch irgend welche im Erdinnern wirkenden Kräfte *aufgerichtet* worden, so wird dadurch das Eindringen des Wassers mit seinen zerstörenden Agentien, die sprengende Wirkung des Eises, und damit der Zerfall erheblich beschleunigt. In gleicher Richtung wirkt die eigentümliche regelmäfsige *kugelige oder säulenförmige Absonderung,* die manche Gesteine, z. B. viele *Basalte,* aufweisen. Eine *dichte* Gesteinsstruktur, die mit einer feinen und gleichmäfsigen Verteilung der Gemengteile verbunden ist (z. B. bei vielen *Porphyr*-Arten), verlangsamt, eine mehr *grobkörnige* oder *grobkristallinische* Struktur beschleunigt im allgemeinen die Verwitterungsvorgänge. Denn die letztere ruft durch die verschiedenartige Ausdehnung der gesteinbildenden Mineralien die Bildung zahlreicher Risse und Abspaltungen hervor, die die Verwitterung in das Gesteinsinnere tragen. So zerfällt der grobkörnige, grofse Quarz- und Feldspatkristalle enthaltende *Granit* verhältnismäfsig leicht zu gröfseren und kleineren Trümmern, die bei weiterer Zersetzung einen tiefgründigen Boden liefern, während aus feinkörnigen Graniten und aus *Porphyren* mit sehr dichter Grundmasse („Hornsteinporphyr"), bei denen die Verwitterung nur von der Oberfläche des Gesteins ausgeht, meist flachgründige Böden entstehen.

3. *Die chemische Beschaffenheit der gesteinbildenden Mineralien.* Sind die Gemengteile eines Gesteins in verschiedenem Grade der Verwitterung zugänglich, so folgt sie dem durch die Lage der leichter zerstörbaren Mineralien vorgezeichneten Weg, löst dadurch den Zusammenhang der Gesteinsmasse und führt ihren Zerfall zu „Grus" herbei. *Granite,* die neben dem schwer verwitternden Orthoklas leicht zerfallenden Oligoklas oder gar Labrador enthalten, unterliegen daher schneller der Umwandlung, als die von Plagioklasen freien Glieder dieser Gesteinsart. Da die Horn-

blende schwieriger verwittert als der Augit (§ 44), so liefert der aus Plagioklas und Hornblende bestehende *Diorit* (§ 31, 2) einen an feinerdiger Masse armen steinigen Boden, während der aus Plagioklas und Augit gebildete *Diabas* (§ 31, 2) ziemlich schnell zu fruchtbarem, tiefgründigem Boden zerfällt.

Von grofser Bedeutung für die leichtere oder schwerere Verwitterung eines Gesteins ist der Gehalt an *niederen Oxydationsstufen des Eisens,* an Eisenoxydul (FeO) und Eisenoxydoxydul (Fe_3O_4). Sie werden entweder durch die im Wasser gelöste Kohlensäure in Eisenkarbonat übergeführt, das, in kohlensäurehaltigem Wasser sich lösend, aus dem Gestein austritt, oder unter dem Einflufs des zutretenden Sauerstoffs oxydiert. Beide Prozesse wirken lockernd auf den Gesteinsverband. Der Übergang der dunkel (grün) gefärbten Eisenoxydulverbindungen in gelbrotes Eisenoxyd oder in braunrotes Eisenhydroxyd macht sich äufserlich durch den Farbenwechsel bemerkbar, der beim Übergang des unverwitterten Gesteins in Boden sich vollzieht (§ 39). Von der Oberfläche nach unten hin geht die Farbe solcher Böden nicht selten von gelbrot in braunrot, in rot und grün gemengt und schliefslich in das Grün des bodenbildenden Gesteins über, eine Aufeinanderfolge von Farben, die ein Urteil über die Tiefe zuläfst, bis zu der die Verwitterung sich erstreckt. An Eisenoxydul reich sind von den kristallinischen Massengesteinen namentlich die „basischen" (§ 31, 2), wie Basalt, Dolerit, Diabas, Melaphyr u. a. Die Sedimentärgesteine, die aus den kristallinischen Gesteinen durch Verwitterung und Verschwemmung hervorgegangen sind, pflegen naturgemäfs an niederen Oxydationsstufen des Eisens ärmer zu sein, falls solche nicht nachträglich durch Reduktionsprozesse innerhalb des neugebildeten Gesteins aus dessen Oxyden sich zurückgebildet haben (§ 22). Am häufigsten kommen sie hier in den *Tongesteinen* vor.

Ein hoher Gehalt der Gesteine an *Calciumverbindungen,* die durch Wasser und Kohlensäure in Karbonat umgewandelt und ausgewaschen werden, wirkt gleichfalls auf ihre rasche Umbildung zu Boden hin. Auch aus diesem Grunde zerfallen die kalkreichen *basischen* Urgesteine schneller als die *sauren,* und erstere liefern daher im allgemeinen einen tiefgründigeren Boden als die letzteren. Der an Calcium- und Magnesiumsilikat reiche *Basalt* wird bei der Verwitterung infolge der Bildung und Fortführung von Calcium- und Magnesiumkarbonat[1]) an Calcium und Magnesium immer ärmer, während andere schwerer lösliche Bestandteile sich anhäufen.

[1]) In einem gewissen Verwitterungsstadium weist der zu Boden zerfallende Basalt einen mehr oder weniger grofsen Gehalt an Karbonaten auf.



So fand man in hundert Teilen:

	des ursprünglichen Gesteins	der ersten Verwitterungsstufe	der zweiten Verwitterungsstufe
Kalk (CaO)	14,6	10,6	3,7
Magnesia (MgO)	7,3	7,1	1,3
Tonerde (Al_2O_3)	17,1	19,8	32,5
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	7,7	8,4	9,2

Schneller noch findet natürlich der Zerfall des Gesteins statt, wenn darin fertiggebildete *Karbonate* enthalten sind. Infolge der Auswaschung wird die Gesteinsmasse und der daraus entstehende Boden namentlich an Calciumkarbonat immer ärmer, an anderen Bestandteilen reicher. Von der Entkalkung der Geschiebemergel-Böden war schon früher die Rede (§ 33, 5 a). Ein sehr lehrreiches Beispiel liefern auch die Untersuchungen E. v. Wolffs über die Bodenbildung aus dolomitischem Muschelkalkstein.

Es enthielt:

	das ursprüngliche Gestein %	die erste Verwitterungsstufe %	die zweite Verwitterungsstufe [1] %
Calciumkarbonat ($CaCO_3$)	77,9	47,8	35,2
Magnesiumkarbonat ($MgCO_3$)	16,6	34,9	22,8 [2]
Tonerde (Al_2O_3)	0,8	2,6	7,7
Kieselerde (SiO_2)	3,1	9,8	24,7
Kali (K_2O)	0,27	1,12	2,82
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,08	0,16	0,42
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	0,65	1,69	2,15

[1]) Das ursprüngliche Gestein war sehr fest, die „erste Verwitterungsstufe" bereits ziemlich mürbe geworden, die „zweite Verwitterungsstufe" zum Teil zu leicht zerreiblichen Gesteinsbröckeln, zum Teil zu lockerem Pulver auseinander gefallen, ohne schon den Zustand eines „Kulturbodens" erlangt zu haben.

[2]) In diesen Zahlen macht sich zugleich die gröfsere Widerstandsfähigkeit des Magnesiumkarbonates gegenüber dem Calciumkarbonat bemerklich. Erst wenn der gröfsere Teil des Calciumkarbonates durch Auswaschung entfernt ist, unterliegt das Magnesiumkarbonat der Auflösung (§ 41).

Die Verarmung der äuſsersten Verwitterungsrinde der bodenbildenden Gesteine an Karbonaten kann so weit gehen, daſs im Interesse der landwirtschaftlichen Kultur eine künstliche Zufuhr von Kalk oder Mergel nötig wird. Nicht selten kann das hierzu nötige Material dem tieferen Untergrund entnommen werden. So bringt man z. B. auf den Marschböden (§ 37), deren äuſserst fein verteilte Karbonate der Auswaschung besonders leicht unterliegen, zum Ersatz die an Calciumkarbonat noch reiche Erde der tieferen Schichten („Kuhlerde“ oder „Wühlerde“) zur Oberfläche („Kuhlen“, „Wühlen“, „Überkleien“). — Auch die stellenweise über Marschboden als Untergrund aufgewachsenen Moore („Marschmoore“, s. u.) sucht man vielerwärts durch Aufbringen von Marscherde aus dem Untergrund, die man mittels besonderer Hebevorrichtungen („Kuhlmaschinen“) nicht selten aus sehr beträchtlicher Tiefe gewinnt, zu verbessern und namentlich mit Kalk anzureichern. Unter dem Einfluſs der vermodernden Moorpflanzen haben jedoch die unmittelbar unter dem Moor liegenden oder auch die tieferen, stark mit Pflanzenresten durchsetzten Marschbodenschichten Veränderungen erlitten, die sie für den beregten Zweck völlig untauglich machen können. Aus schwefelsauren Salzen und Eisenoxyd ist durch Reduktion (§ 22) Zweifachschwefeleisen entstanden. Wird dieser an sich unschädliche Stoff an die Oberfläche gebracht, so geht er unter der Einwirkung des Luftsauerstoffs in zwei starke Pflanzengifte, nämlich in freie Schwefelsäure und Ferrosulfat (in wasserhaltigem Zustande „Eisenvitriol“ genannt) über (§ 23). Solange genügende Mengen von Calciumkarbonat vorhanden sind, erfahren, wie früher (a. a. O.) erörtert wurde, jene Schädlinge eine heilsame Umwandlung, ist aber das Calciumkarbonat aus der betreffenden Bodenschicht ausgelaugt (was unter der Einwirkung der aus pflanzlichen Resten reichlich entwickelten Kohlensäure häufig der Fall ist), so lassen sie ein Pflanzenwachstum nicht mehr aufkommen. Die schwefeleisenhaltige und dabei ihres Calciumkarbonates ganz oder fast ganz beraubte Marscherde bezeichnet man im nordwestlichen Deutschland als „Gifterde“, „Pulvererde“, „Bettelerde“ oder „Maibolt“.[1]) Man schützt sich vor ihr

---

[1]) Der Unterschied zwischen brauchbarer und der durch Reduktion und Auslaugung ungünstig veränderten Marscherde geht deutlich aus folgenden Untersuchungsergebnissen der Moor-Versuchsstation hervor. Es enthielten in 100 Teilen der von Wasser und von organischen Beimengungen frei gedachten Masse:

	Gute Marscherde	Maibolt
Calcium- und Magnesiumkarbonat	8,58 Teile	2,43 Teile
Schwefeleisen	2,18 „	9,77 „
Ferrisulfat*)	— „	1,50 „
Freie Schwefelsäure*)	— „	0,45 „

---

*) Bei längerem Liegen der Probe an der Luft aus Schwefeleisen entstanden.

dadurch, dafs man den von den Kuhlmaschinen ausgehobenen Boden nur dann verwendet, wenn er beim Übergiefsen mit Salzsäure aufbraust. (Entweichen von Kohlendioxyd.) —

Infolge der starken Auswaschung, der die Karbonatmineralien unterliegen, kann es vorkommen, dafs von einem ursprünglich fast ausschliefslich aus Kalkstein, Magnesit, Dolomit bestehenden Gestein blofs die beigemengten schwerlöslichen Mineralien wie Ton, Sand, Eisenoxyd zurückbleiben, und der Charakter des entstehenden Bodens sich ausschliefslich nach dem Vorwiegen dieses oder jenes *zufälligen* Bestandteils des ursprünglichen Gesteins richtet.

§ 48. Einflufs der bei der Verwitterung mitwirkenden Mengen von Wasser und der Art und Menge der im Wasser gelösten Stoffe. Bei der verschiedenen Löslichkeit der einzelnen Gesteinsbestandteile in kohlensäurehaltigem Wasser können die aus einem und demselben Gestein hervorgehenden Böden sehr verschiedenartig sein, je nachdem der Verwitterungsprozefs in Anwesenheit von viel oder wenig Wasser sich vollzieht. Im ersteren Falle wird mit den leichter löslichen Bestandteilen auch ein gröfserer Teil der Kieselsäure in Lösung gebracht und entfernt, im anderen werden fast nur die leichter löslichen Bestandteile fortgeführt, und es bleibt ein an Kieselerde reicherer Boden zurück. Ebenso bewirkt ein gröfserer Gehalt des Wassers an Kohlensäure eine schnelle Verwitterung, bei der die in Karbonate umgewandelten Basen der Silikate rasch entführt werden und die schwer lösliche Kieselerde zurückbleibt, während bei geringerem Kohlensäuregehalt die Verwitterung langsam vorschreitet, und die geringen Mengen ausgeschiedener Kieselerde zugleich mit den entstandenen Karbonaten fortgespült werden. Die Art der Salze, die das Wasser gelöst enthält, ist bestimmend für die Gesteinsumwandlungen, die man als „komplizierte“ Verwitterung bezeichnet (§ 45), also auch für die Art des sich bildenden Bodens. Aus reinem *Kalkstein* kann ein an Magnesiumkarbonat reicher Boden entstehen, wenn Lösungen dieses Salzes auf jenen einwirken. Eine Lösung von Magnesiumkarbonat ist imstande, noch grofse Mengen von Calciumkarbonat aufzunehmen; beide Salze bilden schwerlöslichen *Dolomit*, der sich ausscheidet, während leichtlösliches saures Calciumkarbonat vom Wasser fortgeführt und an anderen Stellen abgelagert werden kann. Kommen *eisenreiche* Gesteine, z. B. Tone, mit den Lösungen von Calciumphosphat in kohlensäurehaltigem Wasser zusammen, so entsteht ein schwerlösliches Eisenphosphat, das im Boden zurückbleibt. *Kaliumreiche*, an Calciumverbindungen arme Gesteine können *calciumreiche* und kaliumarme Böden liefern, wenn sie mit grofsen Mengen calciumkarbonathaltigen Wassers in Berührung sind; denn Kaliumsilikat und saures Calciumkarbonat setzen sich zu leichtlöslichem Kaliumkarbonat um,

während Kieselerde und normales Calciumkarbonat ausgeschieden werden. Unter Einwirkung von *kaliumkarbonat*haltigem Wasser kann in *natriumsilikat*haltigen Gesteinen das Natrium durch Kalium ersetzt, also die Bildung eines an Kalium reichen Bodens hervorgerufen werden, während das entstandene Natriumkarbonat fortgewaschen wird. Lösungen von Kalium- und Natriumsilikat können Tonerde in Lösung bringen und so die Bildung eines tonärmeren Bodens aus einem an Aluminiumsilikat reichen Gestein veranlassen. Dahin gehört ferner die Bildung von Schwefeleisen bei Einwirkung von eisenkarbonathaltigem Wasser auf Gips (§ 22). Weitere Umsetzungen s. § 46.

§ 49. Die vorausgegangenen Erörterungen lassen klar erkennen, daſs ein und dasselbe Gestein sehr verschiedenartige Böden liefern kann, je nach den Umständen, unter denen seine Verwitterung sich vollzieht. Der *Granit* kann ebensowohl zu einem unfruchtbaren Sand-, wie zu einem fruchtbaren Lehmboden sich zersetzen, aus *Tonschiefer* ein an Kali und Kalk reicher und in anderen Fällen ein Boden hervorgehen, der nur Spuren dieser Stoffe enthält. Aus *Basalt* kann unter Umständen ein Boden gebildet werden, der in seiner Zusammensetzung sich nur wenig von dem ursprünglichen Gestein unterscheidet, unter anderen Verhältnissen kann aus dem an Kalk, Kali, Phosphorsäure reichen Muttergestein ein von diesen Stoffen fast freier Boden entstehen. Bezeichnungen, die bloſs die Herkunft eines Bodens erkennen lassen, wie *Granitboden, Gneiſsboden, Basaltboden, Porphyrboden* u. a., bieten mithin keinerlei Handhabe, um den landwirtschaftlichen Wert der fraglichen Bodenarten zu ermessen.

D. Die Umwandlung der festen Erdrinde unter dem Einfluſs vegetativer Kräfte.

Die früheren Erörterungen haben dargetan, daſs chemische und mechanische Vorgänge unablässig an der Zerstörung der festen Erdrinde arbeiten und dadurch zugleich das Material für die mannigfachsten Neugestaltungen schaffen. Ebenso führen die pflanzlichen und tierischen Organismen, welche die Erde bevölkern, sowohl durch ihre Lebenstätigkeit als durch ihre abgestorbenen und der Zersetzung anheimfallenden Leiber einerseits den Zerfall des Bestehenden und andererseits den Aufbau neuer Gebilde herbei. Der Beteiligung tierischer und pflanzlicher Wesen an der Entstehung des Kieselgurs, der Kreide, des Muschel- und Korallenkalkes, des Kalktuffs, Wiesenkalks und des Salpeters ist früher bereits gedacht worden (§§ 12; 17, 2; 33, 4, 5). Auch an der manchenorts vorkommenden Aufspeicherung von Phosphaten haben zweifellos vielfach Pflanzen und Tiere mitgewirkt. Den Resten von Seetieren verdanken höchstwahrscheinlich die *Petroleum*ansammlungen, einer üppigen Pflanzenvegetation

die *Steinkohlen-* und *Braunkohlen*lager ihre Entstehung. Aber die Mitwirkung tierischer und pflanzlicher Wesen an der Umgestaltung der Erdrinde beschränkt sich nicht auf diese vereinzelten Vorkommnisse, sie spielt vielmehr bei der Entstehung aller Bodenarten eine wichtige Rolle.

§ 50.

Einfluſs lebender Pflanzen auf die Bodenbildung. Alle Pflanzen haben zu ihrer Ernährung gewisse Mineralstoffe, die wir als Bestandteile der die Erdrinde bildenden Gesteine kennen gelernt haben, und ferner Wasser, Stickstoff und Kohlenstoff nötig. Wasser, Stickstoff und Kohlenstoff sind die vornehmsten Bildner des verbrennlichen („organischen") Teils der Pflanzenmasse. In unerschöpflichen Mengen bietet die Atmosphäre für alle Pflanzen leicht aufnehmbares Wasser. Der in ihr gleichfalls reichlich vorhandene Kohlenstoff ist mit Sauerstoff zu Kohlendioxyd (CO_2) verbunden. Aber die höher organisierten, Blattgrün (Chlorophyll) enthaltenden Pflanzen besitzen die Fähigkeit, das Kohlendioxyd der Luft in ihren chlorophyllhaltigen Zellen mit Hilfe des Sonnenlichtes zu spalten und dessen Kohlenstoff zum Aufbau ihres Leibes zu benutzen. Einige von ihnen, die Schmetterlingsblütner (Papilionaceen), vermögen auch mit Hilfe kleinster Lebewesen („Bacterium radicicola", „Rhizobium"), die sich an ihren Wurzeln in eigentümlichen Anschwellungen (Wurzelknöllchen) ansiedeln, den freien Stickstoff der atmosphärischen bezw. der Bodenluft zur Bildung ihrer stickstoffhaltigen Bestandteile zu verwerten. Den übrigen höheren Pflanzen geht diese Fähigkeit ganz oder doch so weit ab, daſs sie zu ihrer normalen Ernährung des Vorhandenseins von Stickstoff*verbindungen* bedürfen. Abgesehen von den verhältnismäſsig geringen Mengen von Stickstoffverbindungen, die sich bei den früher erörterten Naturvorgängen (§ 28) bilden, stand aber zu der Zeit, in der auf der erkalteten Erdoberfläche das Pflanzenwachstum möglich wurde, den letzteren nur der ungebundene Stickstoff der Luft zur Verfügung. Dem Wachstum höherer Pflanzen, die wie die Schmetterlingsblütner den freien Luftstickstoff sich anzueignen vermögen, war der ihrer Wurzelentwicklung ungünstige Zustand der harten Steinmassen hinderlich. Es konnten darauf naturgemäſs nur höchst anspruchslose pflanzliche Organismen gedeihen, die zugleich die Fähigkeit besitzen, den zum Aufbau ihres Körpers nötigen Stickstoff und Kohlenstoff der atmosphärischen Luft zu entnehmen. Daſs es derartige Organismen gibt, hat die Forschung der Neuzeit zweifellos dargetan. Es sind Bakterien, denen das kaum verwitterte Gestein genügende mineralische Nahrung bietet, und die aus dem freien Stickstoff und dem Kohlendioxyd der Luft ihren Bedarf an Kohlenstoff und Stickstoff zu decken imstande sind (§ 28, Anm.). Mit ihren abgestorbenen Leibern lieſsen sie Stickstoff*verbindungen* zurück, die auch höheren, auf die Auf-

nahme gebundenen Stickstoffs angewiesenen Pflanzen die Ansiedelung ermöglichten, und die durch ihre Lebenstätigkeit eine nicht unbeträchtliche gesteinzersetzende und dadurch bodenbildende Wirkung ausübten. Dieser Vorgang läfst sich noch heutzutage vielfach auf fast unverwittertem Fels beobachten. Zunächst sind es die anspruchslosesten Pflanzen, Algen, Flechten, die das Gestein beziehen, Feuchtigkeit zurückhalten und so, im Verein mit der immer vorhandenen Kohlensäure, den Verwitterungsprozefs beschleunigen und den Boden für das Wachstum immer anspruchsvollerer Gewächse vorbereiten. Die Pflanzenwurzeln in ihrem Bestreben, Nahrung aus dem Boden zu saugen, verzweigen sich über das Gestein, dringen in jedes noch so feine Spältchen und umklammern die entstandenen Gesteinsbrocken. Durch die von ihnen ausgeschiedene Kohlensäure befördern sie die Verwitterung der Mineralien, mit denen sie in Berührung kommen, und durch eigentümliche Vorgänge, die man als *diosmotische* oder als *Diffusion* bezeichnet, wirkt in gleicher Richtung der in ihren Zellen eingeschlossene saure Wurzelsaft. Gerade die feinsten, besonders dicht an die Gesteinspartikel sich anlegenden Wurzelenden pflegen reich an organischen Säuren: Oxalsäure, Weinsäure, Zitronensäure u. a. zu sein. Diese sind sowohl im Zelleninhalt, als auch in der die Zellhaut durchsetzenden Flüssigkeit gelöst und imstande, durch die Zellwandungen hindurch auf die mit ihr in innige Berührung kommenden Gesteinselemente zersetzend und lösend einzuwirken. Die so entstandene Lösung mineralischer Stoffe „diffundiert“ durch die Zellhaut hindurch in die Wurzelzellen und dient zur Versorgung der Pflanzen mit mineralischen Nährstoffen.

Auch *mechanisch* können die in die Gesteinsspalten eindringenden, an Umfang immer mehr zunehmenden Pflanzenwurzeln auf die Zertrümmerung des Gesteins hinwirken, indem sie die Erweiterung der Risse befördern, den Zusammenhang lockern und so den zersetzenden Agentien: Luft, Wasser und Kohlensäure, den Weg bahnen.

Auf der andern Seite kann das natürliche Pflanzenwachstum einer weiteren Zerstörung der zertrümmerten Felsmassen dadurch vorbeugen, dafs es deren Verschwemmung durch das Wasser hindert. Die den Boden beziehenden und mit ihren Wurzeln festigenden Moose, Gräser und Waldpflanzen mildern die zerstörende Kraft des auffallenden Regens und schützen das bereits entstandene Erdreich gegen den seitlichen Stofs des zuströmenden Wassers.

Einflufs abgestorbener Pflanzen auf die Bodenbildung. Von gröfster Bedeutung für die Entstehung des Bodens sind die Veränderungen, welche die Pflanzen nach ihrem Tode erleiden, und die Wirkung, die sie auf das umgebende Gestein ausüben.

§ 51.

Verwesung. Unter natürlichen Verhältnissen unterliegen die Bestandteile abgestorbener Pflanzen einer fortdauernden Umwandlung. Eingeleitet wird sie durch die Lebenstätigkeit niederer Organismen[1]) („Bakterien“, „Mikroben“), deren Art wahrscheinlich auch auf den Verlauf und die Endprodukte des Zersetzungsvorganges von Einflufs ist. Beteiligt sich der *Sauerstoff* der Luft in hervorragendem Grade an dem Zersetzungsvorgange, so bezeichnet man diesen als *Verwesung.* Die Verwesung ist als ein Oxydationsprozefs, eine langsame Verbrennung anzusehen, wobei, unter Aufnahme von Sauerstoff, schliefslich aller Kohlenstoff der organischen Pflanzenbestandteile in Kohlendioxyd, und aller Wasserstoff in Wasser sich umsetzt, also die einfachen Verbindungen zurückgebildet werden, aus denen die lebende Pflanze die verwickelt zusammengesetzten Bestandteile ihres Körpers formte. Der von den Pflanzen in organischen Verbindungen, namentlich als Eiweifs aufgespeicherte Stickstoff wird bei der Verwesung entweder als freies Gas ausgeschieden, oder in Ammoniak oder in Salpetersäure (§ 28) umgewandelt, während die durch die Wurzeln aufgenommenen Mineralstoffe als Karbonate, Nitrate, Sulfate, Phosphate, Silikate und Chloride zurückbleiben. Wie diese Mineralsalze die komplizierte Verwitterung (§ 45), so befördert das beim Verwesungsprozefs auftretende Kohlendioxyd in Verbindung mit Wasser die einfache Verwitterung (§ 38) der noch nicht völlig zersetzten Gesteinstrümmer. Andererseits tragen die von den verwesenden Pflanzen hinterlassenen Stickstoffverbindungen, sowie die Pflanzennährstoffe Kalk, Kali, Phosphorsäure u. a., die von den Pflanzenwurzeln beim Eindringen in die tieferen Bodenschichten gesammelt und beim Verwesen der Pflanzen in den oberen Bodenschichten angehäuft zurückgelassen werden, erheblich dazu bei, die Bedingungen für das Wachstum anspruchsvollerer Gewächse günstiger zu gestalten, und zwar um so mehr, je vollständiger deren Überführung in Salpetersäure oder vielmehr in salpetersaure Salze erfolgt. Die Umstände, die hierfür besonders mafsgebend sind, werden später noch näher erörtert werden.

§ 52. *Der Verlauf des Verwesungsprozesses* hängt im wesentlichen ab von den zur Verfügung stehenden *Sauerstoff-* und *Wassermengen,* von der *Temperatur,* der gröfseren oder geringeren *Widerstandsfähigkeit* der der Zersetzung unterliegenden Pflanzenbestandteile und von der Anwesenheit oder Abwesenheit gewisser mineralischer Stoffe, die die Lebens-

---

[1]) In jedem Erdboden finden sich grofse Massen von kleinsten Lebewesen, die sich an der Zersetzung der höheren Organismen beteiligen können. So wurden bei annähernden Zählungen in 1 g Sandboden 380000, in 1 g Lehmboden 500000 Spaltpilze gefunden.

tätigkeit der Verwesungsbakterien beeinflussen oder auf die pflanzlichen Stoffe eine chemische Wirkung ausüben.

Je leichteren Zutritt der *Luftsauerstoff* zu den abgestorbenen Pflanzenresten hat, um so energischer wird im allgemeinen die Oxydation von Kohlenstoff und Wasserstoff verlaufen. Die Anwesenheit von *Wasser* ist ferner eine durchaus nötige Vorbedingung für den Eintritt der Verwesung. Diese findet nicht statt bei völlig ausgetrockneten Stoffen, sie wird durch zunehmenden Wassergehalt der verwesenden Substanz so lange gesteigert, als dieser keinen hemmenden Einflufs auf den Zutritt des Luftsauerstoffs ausübt. Eine Anhäufung von verwesenden Pflanzenstoffen entwickelte bei einem Wassergehalt

von 6,8 %	26,8 %	46,8 %
1,6 Raumteile	26,7 Raumteile	30,6 Raumteile Kohlendioxyd.

Die Intensität der Verwesung ist ferner in hohem Grade abhängig von der Höhe der *Temperatur*. Sie wird verlangsamt oder gehemmt, sobald die Temperatur unter eine gewisse Grenze sinkt oder gewisse Grade übersteigt. Wie grofs deren Einflufs innerhalb der Grenzen, zwischen denen noch eine Verwesung erfolgt, auf die Energie der Oxydation ist, geht aus folgenden Zahlen hervor. Verwesende Pflanzenteile lieferten bei einer Temperatur

zwischen 0—7,2°	10,6—15,9°	17,7—27,3°
12,4	18,3	38,4 Gewichtsteile Kohlendioxyd.

Dafs die *besonders festen und dichten* Pflanzenteile, z. B. die verholzten Stengel länger der Verwesung widerstehen, als die weichen und porösen, die dem Eindringen der Zersetzungsagentien kein Hindernis bieten, liegt auf der Hand. Auch die *chemische Beschaffenheit* gewisser Pflanzenbestandteile spielt dabei eine Rolle. Sehr widerstandsfähig sind z. B. die mit Kieselerde imprägnierte Oberhaut vieler Gewächse, sowie die Wachs- und Harzstoffe der Pflanzen. Das aus eigentümlichen Umwandlungen von abgestorbenen Pflanzen (vielleicht auch von tierischen Körpern) hervorgegangene *Erdharz* („Erdwachs“, „Bitumen“) kann, indem es Gesteine durchdringt, diese auffällig lange vor der Verwitterung schützen. Befördert wird die Verwesung sehr erheblich durch die Anwesenheit *alkalisch reagierender* Stoffe, z. B. von Kalium- und Natriumkarbonat, von Calciumhydroxyd und auch von Calciumkarbonat, also von Stoffen, die auf die pflanzlichen Substanzen lösend einwirken und wahrscheinlich der Entwickelung und der Lebenstätigkeit der Verwesungsorganismen förderlich sind. *Verlangsamt* oder vollständig gehemmt wird sie dagegen durch andere Stoffe, welche die Entwickelung der Bakterien ungünstig beeinflussen, so durch gröfsere Mengen von Chloriden der Alkali- und Erdmetalle, z. B. von Kochsalz, Kaliumchlorid u. a., ferner durch lösliche Salze der schweren Metalle, z. B. Eisensulfat, Quecksilberchlorid, Kupfersulfat u. a. Auch das

Vorhandensein freier Säuren wirkt nachteilig auf die Verwesungsvorgänge ein.

Endlich beteiligen sich an der Zersetzung der Pflanzenreste im Boden noch die in dem letzteren lebenden *Tiere,* und unter diesen in hervorragendem Grade die Regenwürmer, mittelbar, indem sie durch ihre wühlenden und grabenden Bewegungen den Boden lockern und dadurch dem Luftsauerstoff Eingang verschaffen, unmittelbar dadurch, dafs sie die als Nährmaterial aufgenommenen Pflanzenstoffe in ihren Verdauungsorganen zu einer der Verwesung leicht unterliegenden Masse verarbeiten. Behilflich sind ihnen dabei gewisse, ihrem Darmkanal eigene Drüsen, die Calciumkarbonat absondern. Auch die Tätigkeit anderer im Boden hausender Würmer, ferner von Insekten (Engerlingen, Ameisen) und auch von höheren Tieren (namentlich von Maulwürfen) wirkt nach beiden Richtungen fördernd auf die Verwesung ein. Das Vorhandensein *freier Säuren* im Boden verschlechtert die Lebensbedingungen aller dieser Tiere.

§ 53.

Humus. Bisher war nur die Rede von den Endprodukten der Verwesung. Zwischen ihnen und den organisierten Pflanzengebilden, aus denen sie hervorgehen, liegt aber eine grofse Anzahl von *Mittelgliedern,* von dunkel gefärbten, in den verschiedensten Zersetzungsstadien befindlichen und sich fortwährend verändernden Substanzen, Produkten einer noch unvollständigen Verwesung. Diese Stoffe, die, solange sie sich nicht infolge weiterer Aufnahme von Sauerstoff in die letzten, zum Teil luftförmigen Produkte des Verwesungsprozesses umgewandelt haben, einen wichtigen Teil des Kulturbodens bilden, bezeichnet man als *Humus* oder als „Humusstoffe“, „Humussubstanzen“.

Obwohl die chemische Forschung mit der Untersuchung der *Humusstoffe* sich vielfach beschäftigt hat, ist es bisher nicht gelungen, deren chemische Natur befriedigend aufzuklären. Durch Einwirkung gewisser Reagentien lassen sich zwar aus dem Humus verschiedene Körper absondern, die aber bei verschiedener Darstellungsweise verschiedene Zusammensetzung und verschiedene Eigenschaften aufweisen und daher nicht als reine chemische Verbindungen, sondern wahrscheinlich als ein Gemenge von verschiedenen Körpern angesehen werden müssen. Nichtsdestoweniger hat man diesen Stoffen Namen beigelegt wie „Humin“, „Ulmin“, „Huminsäure“, „Ulminsäure“, „Quell-“ oder „Krensäure“, „Quellsatz-“ oder „Apokrensäure“, „Geïnsäure“ u. a. m., ohne aber Gewifsheit darüber schaffen zu können, ob sie vorgebildete Bestandteile des Humus oder erst bei seiner chemischen Verarbeitung entstanden sind. Durch Behandlung des natür-

lich vorkommenden Humus mit kalten alkalischen Flüssigkeiten (Kalilauge, Natronlauge, Ammoniak) lassen sich daraus Stoffe abtrennen, die in den angewandten Reagentien löslich sind, aus ihrer Lösung durch Zusatz von Säuren abgeschieden werden, also den Charakter von in Wasser schwer löslichen Säuren tragen. Ein anderer Teil des Humus wird von alkalischen Flüssigkeiten nicht in Lösung übergeführt. Die gelösten Stoffe bezeichnet man gewöhnlich als *Huminsäure,* die nicht löslichen als *Humin.* Beide Stoffe oder Stoffgruppen enthalten neben Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff noch Stickstoff und mineralische Stoffe, deren Abtrennung so schwer gelingt, dafs es unklar bleibt, ob sie einen integrierenden Teil oder nur eine Verunreinigung der erstgenannten bilden. Zwar ist es gelungen, aus den in Alkalien löslichen Bestandteilen des Humus eine von Mineralstoffen und von Stickstoff fast freie Säure zu gewinnen (Detmers Huminsäure), aber es ist unentschieden, ob sie im natürlichen Humus vorhanden oder ein durch die vorgenommenen Manipulationen umgestaltetes Produkt ist.

Die durch Alkalien in Lösung gebrachten Stoffe, die wir schlechtweg als „Humussäure“ bezeichnen wollen, sind in reinem Wasser schwer löslich. Ein Gehalt des Wassers an freien Säuren und an gewissen Salzen: Chloriden, Nitraten, Sulfaten der Alkali- und Erdmetalle, erhöht die Schwerlöslichkeit, die Anwesenheit von löslichen Phosphaten vermindert sie. Aus einer wäfsrigen Lösung werden die Humussäuren bei sehr niedriger Temperatur abgeschieden. So wenig die chemische Natur der natürlichen Humusstoffe erkannt ist, so läfst sich doch von allen sagen, dafs sie aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und den Mineralstoffen bestehen, die den humusliefernden Pflanzen eigen waren, soweit sie nicht durch die lösenden Agentien des Bodens der Masse entzogen worden sind. An Kohlenstoff sind sie prozentisch reicher, an Wasserstoff und Sauerstoff prozentisch ärmer als der Pflanzenbestandteil, aus dem sie der Hauptmasse nach entstanden sind: die Pflanzenfaser oder *Cellulose.* Der letzteren kommt die chemische Formel: $C_6H_{10}O_5$ zu und sie enthält demnach 44,4 % Kohlenstoff, 6,2 % Wasserstoff, 49,4 % Sauerstoff. Dagegen enthalten die von Mineralstoffen, Stickstoff und Wasser ganz frei gedachten Humusstoffe etwa 59—64 % Kohlenstoff, 4,4—4,6 % Wasserstoff und 35—36 % Sauerstoff. Bei der langsamen Oxydation der Pflanzenstoffe, die man als Verwesung bezeichnet, treten also von dem ursprünglich vorhandenen Wasserstoff und Sauerstoff gröfsere Mengen in Form von Wasser aus, als von dem Kohlenstoff in Form von Kohlendioxyd. Man kann sich den Vorgang etwa in folgender Weise vorstellen. Nach der Formel der Cellulose (s. o.) kommen darin auf

	72 G.-T. Kohlenst.,	10 G.-T. Wasserst.,	80 G.-T. Sauerst.
Infolge der Verwesung an Luftsauerstoff aufgenommen:	— „ „	— „ „	32,6 „ „
Summa:	72 G.-T. Kohlenst.,	10 G.-T. Wasserst.,	112,6 G.-T. Sauerst.
Zur Bildung von 45,1 Kohlendioxyd u. von 49,5 Wass. verwendet:	12,3 „ „	5,5 „ „	76,8 „ „
Bleibt:	59,7 G.-T. Kohlenst.,	4,5 G.-T. Wasserst.,	35,8 G.-T. Sauerst.

d. i. die prozentische Zusammensetzung von Detmers „Huminsäure“ (s. o.).

Der *Stickstoff*gehalt der natürlichen Humusstoffe hängt zunächst ab von dem gröfseren oder geringeren Stickstoffreichtum der humusbildenden Pflanzen. Es ist anzunehmen, dafs in den ersten Stadien der Verwesung nur sehr wenig Stickstoff austritt. Infolge der Oxydation des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs zu Kohlendioxyd und Wasser, die zum Teil auf Kosten des Luftsauerstoffs, zum Teil auf Kosten des in der Masse selbst enthaltenen Sauerstoffs (s. o.) vor sich geht, mufs sich der zurückbleibende Rest also prozentisch immer mehr mit Stickstoff anreichern. Er ist zum weitaus überwiegenden Teil fest an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff gebunden und setzt sich erst bei weiterem Fortschreiten des Verwesungsvorganges und dem damit verbundenen völligen Zerfall der Pflanzenreste in Verbindungen um, die für die Kulturpflanzen aufnehmbar sind (Ammoniak, Salpetersäure). Weiteres darüber werden die Erörterungen über die Eigenschaften der verschiedenen Böden bringen. Der Stickstoffgehalt des von Wasser und Mineralstoffen frei gedachten Humus kann 1—6 % betragen.

Die natürlichen Humusstoffe besitzen in der Regel eine schwächer oder stärker saure Reaktion, d. h. sie röten in feuchtem Zustand blauen Lackmusfarbstoff. Sehr häufig beruht diese nur auf einem Gehalt an Kohlensäure, die sich bei der stetig fortschreitenden Verwesung der Humusstoffe bildet. In diesem Fall verschwindet beim Austrocknen der Masse mit der Verflüchtigung des Kohlendioxyds auch die saure Reaktion (§ 17). Nicht selten bleiben aber auch die Humussubstanzen nach dem Austreiben der anhaftenden Kohlensäure sauer, sie enthalten dann *freie Humussäuren*, und man kann in diesem Fall von „saurem Humus“ sprechen. Im andern Fall darf man annehmen, dafs die im Humus enthaltenen Humussäuren an Metalle (namentlich an Calcium) gebunden, also in Form von Salzen vorhanden sind, und man nennt derartigen Humus wohl „milden“ Humus. Der letztere wird sich also namentlich aus Pflanzen und in Bodenarten bilden, die an basischen Stoffen und besonders an Kalk reich sind, während die Entstehung des sauren Humus an kalkarme Pflanzen und Böden ge-

bunden ist. Eigentümlich und noch nicht genügend aufgeklärt ist es, dafs die humussauren Salze weit leichter der *Verwesung* unterliegen als die freien Humussäuren,[1]) und hierauf dürfte zum Teil die zersetzende Wirkung zurückzuführen sein, die die Zufuhr von Kalk und von kohlensauren Salzen auf die sauren Humusstoffe ausübt. Die Humussäuren werden dadurch in humussaure Salze („Humate") umgewandelt, diese gehen durch langsame Oxydation in kohlensaure Salze über, die dann wieder fähig sind, mit Humussäuren Humate zu bilden.

Die freien Humussäuren haben nicht nur die Fähigkeit, kohlensaure Salze unter Austreibung von Kohlendioxyd zu zersetzen, sie wirken, wo sie in grofsen Massen vorhanden (§ 18, Anm.), auch zerlegend auf beständigere Verbindungen ein. Chloride, Sulfate, Phosphate, ja die schwer zersetzlichen Silikate werden durch sie unter Bildung von humussauren Salzen und unter Abscheidung von freier Chlorwasserstoffsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Phosphorsäure oder saurer phosphorsaurer Salze (§ 20), also von Stoffen zerlegt, die zum Teil die Zersetzung der vorhandenen Gesteine auf das lebhafteste befördern. An der letzteren beteiligt sich übrigens auch, wenn auch weniger energisch, der milde, freie Humussäuren nicht enthaltende Humus insofern, als er eine stetig fliefsende Quelle von Kohlensäure darstellt.

Abgesehen von den chemischen Wirkungen, die die Humusstoffe auf die mineralischen Bestandteile des Bodens ausüben, teilen sie dem letzteren wichtige Eigenschaften mit, von denen später ausführlich die Rede sein wird.

§ 54.

Die Vermoderung und Verkohlung. Sind die Bedingungen, z. B. die *Temperatur*verhältnisse, für eine schnelle Verwesung der abgestorbenen Pflanzenreste nicht günstig, wird namentlich durch irgend einen Umstand der Zutritt des *Luftsauerstoffs* erheblich gehemmt, so findet zwar auch eine Zersetzung der ersteren statt, aber sie verläuft dann weit langsamer, und die Zwischen- und Endprodukte sind von den bei reichlichem Luftzutritt entstehenden verschieden. Eine mangels ausreichenden Luftzutrittes verzögerte und in ihren Produkten modifizierte Verwesung pflegt man als „Vermoderung" zu bezeichnen. Auch bei der Vermoderung verlieren die Pflanzenteile allmählich ihre Struktur, sie werden „desorganisiert", sie setzen sich in „Moder" um. Die aus der Vermoderung der organischen Stoffe hervorgehenden Körper zeichnen sich vor den Verwesungsprodukten namentlich durch einen geringeren Sauerstoffgehalt aus. Bei mangelndem

---

[1]) Zu einem Teil hängt diese Tatsache allerdings damit zusammen, dafs die die Verwesung fördernden Organismen in sauren Stoffen ungünstigere Lebensbedingungen vorfinden (s. o.).

Luftzutritt oxydieren sich Kohlenstoff und Wasserstoff der organischen Pflanzenteile hauptsächlich auf Kosten des nur in beschränktem Mafs vorhandenen Sauerstoffs der letzteren, es werden also auch nur beschränkte Mengen von Kohlendioxyd und Wasser gebildet, während ein gröfserer Teil des Kohlenstoffs zurückbleibt oder auch in Form von sauerstofffreien Kohlenstoff-Wasserstoffverbindungen sich verflüchtigt. Zur Veranschaulichung dieses Vorganges kann man wieder von dem hauptsächlichsten Pflanzenbestandteil, der Pflanzenfaser oder Cellulose ($C_6H_{10}O_5$), ausgehen (vergl. § 53). Würde aller Sauerstoff der Cellulose zur Bildung von Kohlendioxyd und Wasser verbraucht, so liefse diese Umsetzung sich durch die folgende chemische Gleichung ausdrücken:

$$C_6H_{10}O_5 = \underset{\text{Kohlendioxyd}}{2\,CO_2} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} + \underset{\text{Kohlenstoff}}{4\,C} + \underset{\text{Wasserstoff.}}{8\,H}$$

Verliefe die Umwandlung in dieser Weise, so würde als Endprodukt reiner Kohlenstoff zurückbleiben, der Wasserstoff aber sich verflüchtigen.[1]) Bei dem Vermoderungsprozefs tritt aber fast immer noch ein Kohlenwasserstoff von der Zusammensetzung CH_4 auf: „*Sumpfgas*“, „Grubengas“, in der chemischen Sprache „Methan“ genannt, ein brennbares Gas, das beim Aufrühren stehender, an vermodernden Pflanzenstoffen reicher Gewässer leicht beobachtet werden kann und das den Hauptbestandteil der gefährlichen „schlagenden Wetter“ in den Steinkohlengruben bildet. Man kann also annehmen, dafs ein Teil des Kohlenstoffs der vermodernden Pflanzenmasse mit dem Wasserstoff Methan bildet: $2\,C + 8\,H = 2\,CH_4$. Es würde also als letztes Produkt der Vermoderung nur Kohlenstoff zurückbleiben. Wenn die Vermoderungsvorgänge in der Natur auch schon deswegen nie so glatt verlaufen, wie es diese schematischen Gleichungen andeuten, weil die sich zersetzenden Pflanzenmassen neben Cellulose noch viele andere Stoffe von anderer Zusammensetzung enthalten, so tritt dabei doch stets eine erhebliche prozentische Anreicherung der Vermoderungsprodukte an Kohlenstoff auf, und man spricht daher bei weit fortgeschrittenen Vermoderungsprozessen mit Recht von einer „Verkohlung“.[2])

§ 55.

Reduktionsprozesse. Charakteristisch für den Vermoderungsprozefs sind die Wirkungen, die die vermodernden Pflanzenreste auf sauerstoff-

---

[1]) Bei der Zersetzung organischer Stoffe unter Abschlufs des Luftsauerstoffs wird regelmäfsig auch freier Wasserstoff entwickelt.

[2]) Der Anthracit, die Steinkohlen und die Braunkohlen sind die bekannten Produkte der „Verkohlung“ von Pflanzenmassen. Infolge des Verkohlungsprozesses ist der Kohlenstoffgehalt bei dem ältesten Gebilde, dem Anthracit, bis auf etwa 94 %, bei den jüngeren Steinkohlen auf 80—90, bei den noch jüngeren Braunkohlen auf etwa 70 % gestiegen.

haltige Körper ausüben, mit denen sie in Berührung kommen. In ihrem Bestreben, ihren Kohlenstoff und Wasserstoff zu Kohlendioxyd und Wasser zu oxydieren, entziehen sie den letzteren Sauerstoff und bewirken so ihre „Reduktion“. Die Entstehung von Sulfiden aus Sulfaten, das Auftreten von Schwefelwasserstoffgas infolge von Reduktionsvorgängen ist bereits früher besprochen worden (§ 22).

Eisenoxyd und *Eisenhydroxyd* werden durch vermodernde Pflanzenreste zu Eisenoxydul und Eisenhydroxydul reduziert. Durch das infolge der Kohlenstoff-Oxydation gleichzeitig auftretende Kohlendioxyd können diese Verbindungen in kohlensaures Eisenoxydul übergeführt und, da dieses in dem kohlensäurehaltigen Bodenwasser löslich ist, beweglich gemacht werden:

$$Fe_2O_3 - O + 2CO_2 = 2FeCO_3;\quad Fe_2(OH)_6 - O + 2CO_2 = 2FeCO_3 + 3H_2O.$$

Die *Salpetersäure der Nitrate* kann bei Anwesenheit vermodernder Stoffe zu salpetriger Säure und zu Ammoniak reduziert werden. Ihre Überführung in Ammoniak ist bisweilen begleitet von einer Abspaltung freien Stickstoffgases. Die folgenden Gleichungen mögen den Vorgang veranschaulichen

$$\underset{\text{Salpetersäure}}{HNO_3} - O = \underset{\text{Salpetrige Säure}}{HNO_2}$$

$$\underset{\text{Salpetersäure}}{5HNO_3} - 14\,O = \underset{\text{Ammoniak}}{H_3N} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} + 4N.$$

§ 56.

Moorbildung, Vertorfung. — Torf. Überall, wo die Bedingungen für ein üppiges Pflanzenwachstum gegeben sind, und andererseits irgend welche Umstände der schnellen Verwesung der abgestorbenen Pflanzen im Wege stehen, wo z. B. gröfsere, die letzteren umgebende Wassermengen den Zutritt des Luftsauerstoffs verhindern oder doch stören, können sich allmählich so grofse Mengen ganz oder teilweise vermoderter Pflanzenreste ansammeln, dafs sie ausschliefslich den Boden bilden, während der Charakter des darunter liegenden Gesteins oder Mineralbodens ganz zurücktritt. Derartige fast ganz aus den Resten abgestorbener Pflanzengenerationen bestehende Böden bezeichnet man als *„Moor“*.

Die Vorgänge, die die Umwandlung der Pflanzen in einen dem unbewaffneten Auge als völlig amorph erscheinenden Moder oder in ein Gemenge von formlosen und von solchen Pflanzenresten bewirken, welche infolge ihrer gröfseren Widerstandsfähigkeit (§ 52) ihr ursprüngliches Gefüge noch deutlich erkennen lassen, werden gewöhnlich unter dem Ausdruck *„Vertorfung“* zusammengefafst. Das Zersetzungsprodukt selbst bezeichnet man als *„Torf“*, falls es die Fähigkeit besitzt, beim Austrocknen ein gutes

Brennmaterial zu liefern. Diese beruht — abgesehen von der Brennbarkeit — auf einem hohen Gehalt an stark vermoderter Pflanzenmasse, der eine erhebliche Volumverminderung, also Verdichtung beim Austrocknen zur Folge hat, und auf einem nicht unerheblichen Gehalt an weniger zersetzten pflanzlichen Fasern, die das Zerbröckeln, Zerkrümeln, Auseinanderfallen der getrockneten Masse verhindern.[1])

Die Vertorfung vollzieht sich unter dem Einflufs des Wassers, das die abgestorbenen Pflanzen durchtränkt und den Zutritt des Luftsauerstoffs absperrt oder doch wesentlich einschränkt. Dadurch wird die Verwesung gehemmt, dagegen der Zersetzungsvorgang gefördert, den wir früher (§ 54) als Vermoderung und Verkohlung bezeichnet haben. Mit ihm ist eine Dunkelfärbung der Pflanzenteile verbunden, die sich auch dem umgebenden Wasser mitteilt, ferner ein Zerfall der pflanzlichen Gewebe. Die vorher in ihrem organischen Zusammenhang vor der auswaschenden Kraft des Wassers geschützten Pflanzenbestandteile verfallen, soweit sie von vornherein leicht löslich sind oder infolge der Zersetzung in leicht lösliche Formen übergeführt werden, der Auslaugung durch die atmosphärischen Niederschläge und das Bodenwasser. Zu diesen Stoffen gehören insbesondere die *Kalium*verbindungen, an denen alle Torfarten aufserordentlich arm sind. Auch ein beträchtlicher Teil der Phosphorverbindungen in den torfbildenden Pflanzen kann verloren gehen,[2]) wenn nicht die Anwesenheit eisenhaltigen Wassers die Entstehung schwerlöslicher Phosphorsäuresalze veranlafst.

Ein charakteristisches Merkmal der fortschreitenden Vertorfung ist die Zunahme der Kontraktionsfähigkeit der Torfsubstanz. Je mehr die torfbildenden Pflanzenteile ihre organisierte Form verlieren, um so stärker ziehen sie sich beim Austrocknen zusammen. Fast amorph gewordene Torfarten (s. u.) können hierbei unter erheblicher Zunahme ihres spezifischen Gewichtes und ihrer Härte auf $^1/_{10}$ des ursprünglichen Volums schwinden.

Im Verfolg des Vertorfungsprozesses häufen sich die abgestorbenen Pflanzenmassen zu Schichten an, die nicht selten die Mächtigkeit von 10 m und mehr erreichen.

[1]) Obige Erklärung entspricht dem gewöhnlichen Sprachgebrauch. Nach einer Vereinbarung zwischen der Geologischen Landes-Anstalt und der Moor-Versuchs-Station wird in Zukunft bei den Mooraufnahmen der ersteren die Bezeichnung „Moor" als geologischer, die Bezeichnung „Torf" als petrographischer Begriff angesehen. Die Moore bestehen aus Torf. Die Substanz der verschiedenen Torfschichten setzt sich aus den Resten verschiedener Pflanzengesellschaften zusammen, denen als zufällige Bestandteile Ton und Sand, durch Wasser oder Wind von aufsen zugeführt, beigemengt sein können, und die als Erzeugnis chemischer (oder biologischer) Vorgänge während ihrer Bildung nicht selten einen hohen Gehalt an Eisen- oder Calciumverbindungen aufweisen.

[2]) Diese Ansicht wird nicht von allen Forschern geteilt.

Entsprechend den äufserst mannigfaltigen Verhältnissen, unter denen Moor entstehen kann, weisen auch die verschiedenen Moore grofse Verschiedenheiten in ihrer Beschaffenheit und in ihren Eigenschaften auf. In erster Linie wird die für seine Kultivierung mafsgebende Beschaffenheit eines Moores durch die Art der Pflanzen bedingt, die sich an seiner Bildung beteiligt haben, und weiter durch den Zersetzungszustand, in dem sich die abgestorbenen Reste dieser Pflanzen befinden. Letzterer steht einerseits wieder zu der natürlichen Beschaffenheit der moorbildenden Pflanzen (§ 52) und andererseits zu den der Vertorfung mehr oder weniger günstigen äufseren Verhältnissen in nahen Beziehungen. Ob sich aber an irgend einer Stelle diese oder jene Pflanzenarten besonders üppig entwickeln werden, hängt ganz wesentlich von der Beschaffenheit des Bodens, worin sie wurzeln, und des Wassers ab, das der Vegetation ihre Nährstoffe zuführt, und so kann man mit vielem Recht den Satz aufstellen: Die *Beschaffenheit einer Moorbildung richtet sich nach der Beschaffenheit des Untergrundes, worauf sie aufgewachsen ist, und nach der Beschaffenheit der Zuflüsse, die die moorbildenden Pflanzen von aufsen her erhalten haben.*

§ 57. *Einteilung der Moore.* Nach den vorstehenden Bemerkungen lassen sich die meisten der mannigfaltigen Moorbildungen in zwei Hauptgruppen ordnen. Die eine entstand unter Verhältnissen, die nur bezüglich ihrer Ernährung besonders anspruchslosen Pflanzen ein üppigeres Wachstum gestatteten, die andere bildete sich auf einem Boden, der entweder selbst an Nährstoffen reich war oder von aufsen her fruchtbares Wasser zugeführt erhielt. Im ersteren Fall beteiligen sich an der Torfzusammensetzung hauptsächlich Torfmoose (Sphagnaceen), heidekrautartige Gewächse (Erica, Calluna u. a.) und gewisse Riedgräser, namentlich „Wollgras“ (Eriophorum), im anderen treten als torfbildend weit zahlreichere Pflanzenarten auf, darunter in hervorragenden Mengen gewisse Süfsgräser (Gramineen): das gemeine Dachrohr („Reet“, „Ried“ — Phragmites communis), Schilf (Calamagrostis), Poa aquatica u. a., dann zahlreiche Sauergräser (Halb-, Scheingräser — Cyperaceen): Riedgras (Segge — Carex), Binse (Scirpus), ferner Rohrkolben (Typha), Simse (Juncus), von Moosen nicht Sphagnaceen (Torfmoose), dagegen Hypneen, von Holzgewächsen besonders Erle (Alnus), aber auch Eiche, Esche, Linde, Fichte, Weide u. a.

Nach den an der Torfbildung vornehmlich beteiligten und noch jetzt in ihrer natürlichen Vegetation vorherrschenden Pflanzen bezeichnet man die eine Moorgruppe als *Torfmoos-Wollgras-Heidetorf* oder Sphagneto-Eriophoreto-Callunetum, die andere als *Grastorf* (auch Grünlands- oder Wiesen- oder Rasentorf) oder Hypneto-Cariceto-Graminetum.[1])

---

[1]) Legt man als Unterscheidungsmerkmal die Art der moorbildenden

Da die zur ersten Gruppe gehörigen Moore auf einem über dem gewöhnlichen Grundwasserspiegel belegenen Boden, und nicht oder nur wenig vom Bodenwasser beeinflufst, entstanden, die Unterlage der Grasmoore aber entweder von Wasser bedeckt oder doch häufigen Überschwemmungen ausgesetzt war, so nennt man die Moore der ersten Gruppe auch „Überwassermoore" (Supraaquatische) oder *„Hochmoore"*, die der anderen „Unterwassermoore" (Infraaquatische) oder *„Niederungsmoore"*.[1]) Die Benennungen Hochmoor und Niederungsmoor sind die gebräuchlichsten Bezeichnungen, und ihrer werden wir uns bei den folgenden Erörterungen ausschliefslich bedienen.[2])

Zwischen diesen hinsichtlich ihrer natürlichen Vegetation, ihrer Bodenbeschaffenheit und ihres kulturellen Verhaltens streng geschiedenen Moorgruppen stehen zahlreiche Zwischenstufen, hervorgegangen aus Pflanzengesellschaften, deren einzelne Glieder zum Teil den niederungsmoorbildenden, zum Teil den hochmoorbildenden Gewächsen zuzurechnen sind. Man fafst sie zweckmäfsig unter der Bezeichnung „Übergangsmoore" zusammen. Über ihre Bildung wird später geredet werden.

§ 58.

Der den gröfsten Teil Norddeutschlands bedeckende Diluvialboden bietet mit seinen zahlreichen, die Wasseransammlung befördernden Einsenkungen die denkbar günstigsten Vorbedingungen für die Moorbildung und ermöglicht zugleich durch die grofsen Verschiedenheiten in der Bodenzusammensetzung das Auftreten der verschiedensten Moorbodenarten.

Die Bildung der Niederungsmoore. Am ungestörtesten erfolgte die Moorbildung in tieferen oder flacheren Seebecken, die, von den atmosphärischen Niederschlägen und von unter- und seitwärts eintretenden Zuflüssen gespeist, sich längere Zeit mit Wasser gefüllt erhalten konnten.

Pflanzen zu Grunde, so kann man als eine Unterabteilung der genannten Gruppen den *Waldtorf* (Arboretum) ansehen, dessen Substanz neben den Bestandteilen des Moos-Heidetorfes oder des Grastorfes noch erhebliche Mengen von Holz- und Blattresten enthält, und zwar von Birken- und Kiefern- (Föhren-) Resten beim Moostorf-Waldtorf, von Erlen, Weiden, Eschen, Eichen, Linden u. a. beim Grastorf-Waldtorf.

[1]) Die Bezeichnung „Hoch"moor wird auch dem Umstande zugeschrieben, dafs diese Moore eine gewölbte, in ihrer Mitte sich weit über die Ränder erhebende Oberfläche besitzen, während die Oberfläche der Niederungsmoore meist flach (bisweilen auch in der Mitte etwas gesenkt) erscheint.

[2]) Die Hochmoore werden in Ostpreufsen *„Moosbruch"*, in anderen Gegenden „Moos" oder „Mösse" genannt. Die Niederungsmoore bezeichnet man im nördlichen Deutschland auch als „Bruch" (Bruchmoor) und als „Luch". Weniger scharf unterscheidend braucht man für die verschiedenen Moore in Süddeutschland die Bezeichnungen „Venn", „Filz", „Ried", „Lohden", „Wehr" u. a.

Als schwer durchlässige und dadurch das Aufwachsen des Moores erleichternde Unterlage finden sich auf dem Grunde dieser Mulden häufig alluviale Ablagerungen, die, je nach der Beschaffenheit des begrenzenden Gesteins und der zufliefsenden Wässer, toniger oder kalkiger Natur (Schlick, Wiesenmergel) sind, bisweilen auch aus Limonitbildungen (§ 24) oder aus Kieselgur (§ 12) bestehen und von zahlreichen Resten pflanzlichen und tierischen Ursprungs durchsetzt sind. Über ihnen oder auch unmittelbar dem Diluvium aufgelagert beobachtet man als älteste Torfschicht meist eine als *„Schlammtorf“* zu bezeichnende, sehr gleichmäfsige, zum überwiegenden Teil aus scheinbar völlig formlosen Pflanzenresten bestehende Ablagerung,[1]) seltener eine eigentümliche, gleichfalls keine erkennbaren pflanzlichen Formen aufweisende Torfbildung, die man ihrer mechanischen Beschaffenheit wegen *„Torfleber“* oder *„Lebertorf“* nennt.[2])

Sobald diese Absätze aus überstehendem Wasser das Becken so weit ausgefüllt hatten, dafs das Dachrohr (Phragmites comm.), Seggen und andere Gräser Fufs fassen konnten, traten diese Pflanzen im Gemisch mit einer gröfseren oder geringeren Anzahl anderer auf dem Wasser schwimmenden oder vom Ufer hineinwachsenden wasserliebenden Gewächse, wie gelbe und weifse Seerose (Nymphaea und Nuphar), Laichkraut (Potamogeton), Nixkraut (Najas) und viele andere, als Moorbildner auf und lieferten in ihren abgestorbenen Resten den an den wohlerhaltenen Rhizomen und Halmteilen auch dem blofsen Auge leicht erkennbaren *Rohr-* oder *Schilftorf* („Phragmitestorf“), den man in manchen Gegenden auch als *„Darg“* oder *„Darf“* bezeichnet, und *Seggentorf,* zwei Torfschichten, die man unter dem gemeinsamen Namen *Sumpftorf* zusammenfassen kann.

---

[1]) Beim Ablassen von Seeen bleibt der Schlammtorf nicht selten als einzige Torfbildung von wechselnder Mächtigkeit zurück. Beim Austrocknen kontrahiert er sich unter Bildung zahlreicher Risse aufserordentlich stark und wandelt sich dabei in einen sehr harten, Wasser kaum noch aufnehmenden und der Kultivierung erhebliche Schwierigkeiten bietenden Boden um.

Soweit der unterlagernde Mineralboden von dunkel gefärbtem Moorschlamm durchsetzt ist, nennt man ihn in manchen Gegenden „Sohlband“.

[2]) Im nassen Zustande bildet der *Lebertorf* eine gelbliche, gelblich-grüne, hell- oder dunkelgrau gefärbte, elastische aber trotzdem leicht brechbare Masse. Er besteht aus äufserst fein zerriebenen, von einigen Forschern als Exkremente von Wassertieren angesprochenen Pflanzenteilen mit mineralischen Beimengungen (Quarz, Glimmer). Beim Trocknen verliert er die eigentümliche, an tierische Leber erinnernde Beschaffenheit und schwindet zu einer sehr harten Masse von blättrigem Gefüge zusammen. Im nordwestlichen Deutschland findet sich der Lebertorf in grofser Ausdehnung auf dem Grunde des Dümmer Sees (Wesergebiet) und im Untergrunde der ihn umgebenden Moore; er wird hier als „Meergeil“ bezeichnet.

Die fortschreitende Verlandung des Wasserbeckens schuf weiterhin günstige Bedingungen für das Wachstum von Holzpflanzen, von Waldbäumen. Solange sie von dem verhältnismäfsig hohen Gehalt des Moorbodens an Pflanzennährstoffen und besonders an Kalk Nutzen ziehen konnten, waren es namentlich die Erlen, die, im Verein mit Eschen, Fichten, Eichen, Weiden, Faulbaum, Linden und mit zahlreichen anderen auf feuchtem und nassem, beschattetem Boden wachsenden Pflanzen, moorbildend auftraten und den als Kulturboden sehr wertvollen *Bruchwaldtorf*[1]) lieferten.

Ging der Bruchwald durch irgend eine Veranlassung, z. B. durch zunehmende Bodennässe zu Grunde, so gewannen zwischen und über den gefallenen Stämmen wiederum jene wasserliebenden Pflanzen, Hypnummoose, Sumpfgräser u. a., die Oberhand, deren vertorfende Reste den Bruchwaldtorf mit einer Schicht von *Gras-* (Rasen-, Wiesen-) *Torf* überlagerten.

Sehr viele in Seebecken entstandene Niederungsmoore weisen die soeben dargelegte Schichtenfolge: Schlammtorf, Rohr- und Seggentorf, Bruchwaldtorf, Seggen- und Grastorf auf. Jedoch bildet diese durchaus nicht die Regel. War die Bodeneinsenkung so flach, dafs von vornherein Rohr und Seggen auf ihrem Grunde wachsen konnten, so kann die Schlammtorfschicht ganz fehlen, und es lagert dann der Rohr- oder Seggentorf unmittelbar dem mineralischen Untergrunde auf. Auch Bruchwaldtorf findet sich nicht in allen Niederungsmooren. Wo z. B. die Wachstumsbedingungen für das Dachrohr besonders günstig waren, wie es auf den stets wassergetränkten Seemarschböden der Fall ist, so konnte ein fast ausschliefslich aus den Resten dieser hervorragend moorbildenden Pflanze bestehendes Dargmoor sich bilden, dessen Oberfläche zu Tage liegt oder von einer aus Schein- und echten Gräsern entstandenen Rasentorfschicht bedeckt wird.

Übrigens scheint die Vertorfung von tieferen Bodeneinsenkungen sich oftmals auch in ganz anderer Weise, bisweilen auch von oben nach unten fortschreitend, vollzogen zu haben und noch zu vollziehen. Bei sanft abfallenden Ufern konnte sich deren Boden mit den früher genannten torfbildenden Wassergräsern, ferner mit Kalmus (Acorus), Rohrkolben, Wasserlilien u. a. besiedeln, deren abgestorbene Leiber im Verein mit schwimmenden Pflanzen, Seerosen, Krebsscheren (Stratiotes), Wasserpest (Elodea), Froschbifs (Hydrocharis), Wassergarbe (Myriophyllum), Tannwedel (Hippuris), Wasserhahnenfufs (Ranunculus aquatilis) u. a. den Boden allmählich aufhöhten

[1]) Die Bruchwaldmoore („Erlenbrüche“) pflegen sich durch einen besonders hohen Gehalt an Stickstoff und Kalk, bisweilen auch an Phosphorsäure (Vivianit) und durch einen, für die Kultivierung sehr willkommenen, vorgeschrittenen Zersetzungszustand auszuzeichnen.

und die Wasserfläche immer mehr einengten. Die trockener werdenden Ränder boten auch minder wasserliebenden torfbildenden Gewächsen einen zusagenden Standort, und so erhielt das neu entstehende Moor eine nach unten gewölbte Oberfläche, an deren tiefster Stelle sich vielfach noch blankes Wasser befindet. Oft hat sich in solchen Becken nur die Randzone am Ufer mit kompakter Torfmasse ausgefüllt, während im übrigen eine mehr oder minder mächtige Torfschicht auf dem Wasser schwimmt, die beim Betreten um so stärker in schwingende Bewegung gerät, je mehr man sich der Mitte der Mulde nähert. Durch Überwehung und Überschwemmung mit mineralischen Bodenarten, sowie durch die mit einer Vergröſserung des spezifischen Gewichtes verbundene Vertorfung der abgestorbenen Pflanzenmasse kann das Gewicht der schwimmenden Decke so groſs werden, daſs sie untersinkt. An ihre Stelle tritt eine Neubildung, die dasselbe Schicksal erleidet, und so fort, bis das ganze Wasserbecken mit Moorsubstanz ausgefüllt ist.

Nicht selten aber sinkt die Moordecke nur so tief ein, daſs auf ihrer Oberfläche immer neue Pflanzen sich ansiedeln, deren abgestorbene Reste die Moorschicht so weit verstärken, daſs sie betretbar wird und landwirtschaftlich genutzt werden kann. Auf zahlreichen Seeen Ostpreuſsens, insbesondere Masurens, finden sich derartige *schwimmende* Rasenmoore. Auch die sogenannten „Quebben" des Steinhuder Meeres, schwimmende, weit in die Wasserfläche vorgeschobene Moorzungen, sind dahin zu rechnen.

Hervorragend günstige Bedingungen für die Entstehung umfangreicher Niederungsmoore bietet ferner das Überschwemmungsgebiet natürlicher Wasserläufe, so namentlich weite Fluſstäler, deren Gewässer häufig über ihre Ufer treten. Hierbei kommen die schwebenden festen Stoffe des ausufernden Flusses, insbesondere die grobkörnigeren, zum gröſseren Teil unmittelbar am Fluſsufer zur Ablagerung als ein natürlicher Wall, der mit dem das Tal begrenzenden Höhenboden eine langgestreckte Mulde bildet. Hierin konnte sich, besonders wenn die Absätze des Wassers den Boden erst mit einer schwer durchlässigen Schlickschicht bedeckt hatten, auch zu Zeiten von Niedrigwasser genügende Feuchtigkeit zur Speisung der gleichen niederungsmoorbildenden Flora erhalten, die wir bei der Vertorfung von Seebecken kennen gelernt haben. Bei wiederholten, durch die allmähliche Aufhöhung der Fluſssohle beförderten Ausuferungen wurden die die Mulde allmählich ausfüllenden Torfbildungen nicht selten mit sandigen, tonigen, kalkigen Stoffen überschüttet, die sie bisweilen gleichmäſsig durchsetzen, bisweilen durchschichten, bisweilen mehr oder weniger hoch bedecken.

Es liegt ferner auf der Hand, daſs auch auf solchen Böden, die nicht unmittelbar von Fluſsläufen getränkt werden, die Gelegenheit zur

Moorbildung sich findet, sobald durch irgend einen Umstand der freie Abflufs des Quellwassers oder der atmosphärischen Niederschläge gehemmt wird. So können durch Blitzschlag in Brand gesetzte oder durch pflanzliche oder tierische Schädlinge vernichtete Waldungen durch ihre vermodernden Stamm- und Laubmassen eine Versumpfung grofser Gebiete herbeiführen und Veranlassung zur Entstehung ausgedehnter Niederungsmoore werden.

§ 59. *Niederungsmoore auf Bergen.* Auch auf den Höhen der Gebirge, unmittelbar über dem festen Gestein, konnten niederungsmoorartige Bildungen entstehen, wenn die Gelegenheit zur Aufspeicherung nährstoff- und namentlich kalkreicheren Wassers gegeben war oder auch nur atmosphärische Feuchtigkeit in den Höhlungen basischer Urgesteine (§ 31, 2) oder sedimentärer Kalkgesteine (§ 33, 4) sich ansammeln konnte. Sie pflegen hier aber nur selten eine gröfsere Mächtigkeit zu erreichen.

Alle bisher geschilderten Torfbildungen sind den Niederungsmooren zuzurechnen. Sie entstehen unter dem Einflufs eines an Pflanzennährstoffen und namentlich an Calciumverbindungen nicht armen Bodens oder Wassers. Dementsprechend ist ihr Gehalt an Kalk und weiterhin an Stickstoff, nicht selten auch an Phosphorsäure,[1]) wesentlich höher als derjenige der demnächst zu besprechenden Moorbildungen. Sie enthalten (s. § 53) nicht freie Humussäuren, sondern neben anderen Bestandteilen Humate. Die Zersetzung der torfbildenden Pflanzenteile ist deswegen meist weiter vorgeschritten, oder sie tritt doch bei genügender Durchlüftung weit schneller ein als bei den Übergangs- und den Hochmooren, eine Eigenschaft, die für ihre Kultivierung von Bedeutung ist.

§ 60.

Übergang von Niederungsmoor in Hochmoor. Änderten sich während des Wachstums eines Moores die Bedingungen, unter denen die hochmoor- oder niederungsmoorbildenden Pflanzen gedeihen, so änderte sich mit der Art der moorbildenden Pflanzen auch der Charakter des Moores. Sobald die Oberfläche eines aufwachsenden Niederungsmoores dem Einflufs der Faktoren entzogen wird, die das Wachstum von niederungs-

---

[1]) Die gar nicht seltenen Anhäufungen von phosphorsäurereichen Verbindungen in den Niederungsmooren sind für deren Fruchtbarkeitszustand von hohem Wert. Äufserlich erkennt man sie an der weifsen, beim Liegen an der Luft in blau übergehenden Farbe des Vivianits oder an der rötlichen Färbung der Moorsubstanz an den Grabenböschungen und der vom Maulwurf aufgeworfenen Moorerde. Ihre Entstehung beruht auf der Schwerlöslichkeit der Eisenphosphorsäureverbindungen. Die bei der Zersetzung der moorbildenden Pflanzen löslich werdende Phosphorsäure wird durch das Eisen eisenhaltiger Quellen in Eisenphosphat übergeführt und so gleichsam festgelegt.

moorbildenden Pflanzen begünstigen, sobald sie z. B. sich so hoch über den mineralischen Untergrund erhoben hat, daſs dessen Nährstoffreichtum, oder nährstoffreiche Zuflüsse von auſsen her für die jüngste Pflanzendecke nicht mehr zur Geltung kommen, andererseits aber noch genug Feuchtigkeit vorhanden ist, um hochmoorbildenden Pflanzen das Wachstum zu ermöglichen, so verdrängen diese die bisher gedeihenden Pflanzenarten, und es kann sich dann über dem Niederungsmoor ein Hochmoor aufbauen.

Natürlich vollzieht sich ein solcher Übergang nicht mit einem Schlage. Nur allmählich werden die Wachstumsbedingungen für die niederungsmoorbildenden Pflanzen schlechter, für die hochmoorbildenden günstiger. Zwischen beiden Pflanzengesellschaften beginnt ein Kampf, der endlich mit dem Sieg der hochmoorbildenden endet. Das Produkt des Ringens ist eine Torfbildung, die zum Teil niederungsmoorbildenden, zum Teil hochmoorbildenden Pflanzen ihre Entstehung verdankt. Sie wird als *Übergangstorf* bezeichnet.

Wächst z. B. ein Bruchwaldmoor (§ 58) so weit empor, daſs die Nährstoffquelle nicht mehr die Oberfläche erreicht, das nährstoffreiche Wasser nicht mehr kapillar bis in die Wurzelschicht aufsteigen kann, so treten an die Stelle der Erlen, Eschen, Eichen u. s. w. die anspruchslosere Kiefer (Föhre) und Birke. Ihre verwesenden Reste bilden den *Übergangswaldtorf.* Auch die übrigen in den Erlenbrüchen üppig gedeihenden Pflanzen, darunter die Hypnummoose, werden unter solchen Verhältnissen allmählich verdrängt durch Gewächse, welche für den Hochmoortorf besonders charakteristisch sind: das *Wollgras* (Eriophorum), dessen wohlerhaltene, langfaserige Reste[1]) in den tieferen und höheren Schichten der Hochmoore nesterweise auftretende Lagen („Splittlagen“) von bisweilen nicht unerheblicher Mächtigkeit bilden, und ferner die *Torfmoose* (Sphagnum). Sehr häufig tritt hierzu noch eine Sumpfpflanze: Scheuchzeria palustris, die eine unter vielen Hochmooren liegende, gelb bis gelbbraun gefärbte, blättrig gelagerte Torfbildung, den *Scheuchzeriatorf,* liefert. Er tritt in sehr zahlreichen Fällen als letztes Übergangsglied zum eigentlichen Hochmoortorf auf.

§ 61.

Der Aufbau der Hochmoore. Soweit die in besonders groſsem Umfang im nordwestlichen und im nordöstlichen Deutschland vorkommenden Hochmoore eingehender erforscht sind, zeigen sie im Gegensatz zu den Niederungsmoorbildungen und entsprechend der weit geringeren an ihrer Entstehung beteiligten Anzahl von Pflanzen (s. o.) einen sehr gleichmäſsigen Aufbau.

---

[1]) Wegen ihrer zähen, dem Torfspaten hinderlichen Beschaffenheit in manchen Gegenden als „Kuhfleisch“ bezeichnet und in neuerer Zeit mehrfach zur Herstellung von Geweben verwandt.

Die natürliche Vegetation der Hochmoore. Solange ihr Wachstum noch andauert, besteht ihre Pflanzendecke vornehmlich aus Torfmoosen (Sphagnum), durchmischt mit Rasensimsen (Scirpus caespitosus), scheidigem Wollgras (Eriophorum vaginatum), Sonnentau (Drosera rotundifolia). Vereinzelt finden sich gewisse, trockneren Boden liebende Gewächse: Gemeine Heide (Calluna vulgaris), Moor- oder Glockenheide (Erica tetralix), Rosmarinheide (Andromeda polifolia), Gagelstrauch (Myrica Gale), Krähenbeere (Empetrum nigrum), Porst (Ledum palustre), Moosbeere (Vaccinium Oxycoccos); von Holzpflanzen verkrüppelte Exemplare von Kiefern und Birken. Läfst der Wasserreichtum der Oberflächenschicht aus irgend einer Veranlassung nach,[1]) so sterben die Torfmoose ab, und die letztgenannten Pflanzen, darunter vor allem die Heidekräuter, gewinnen die Oberhand. In verhältnismäfsig kurzer Zeit bedeckt sich die Oberfläche mit eigentümlichen heidebewachsenen Hügelchen („Heidebülten“),[2]) zwischen denen mit Moorschlamm ausgefüllte und von zahlreichen Algen, von Wollgras und Simsen bevölkerte Vertiefungen („Schlenken“) liegen.

Mit der reichlichen Ansiedelung dieser Pflanzen ist das Wachstum des Hochmoors im wesentlichen abgeschlossen.

Der Hochmoortorf. Wie die Torfmoose in der Flora eines mit Wasser gesättigten Hochmoors die erste Stelle einnehmen, so sind sie auch als die vornehmsten Bildner des Hochmoortorfes anzusehen. Sie gehören hinsichtlich ihres Bedarfs an mineralischen Nährstoffen zu den anspruchslosesten Pflanzen, können daher auch auf Böden, die arm an zugänglicher Pflanzennahrung sind, sich gut entwickeln. Sie bedürfen zwar zu üppiger Entwickelung aufserordentlich grofser Wassermengen, sind aber vermöge ihres eigentümlichen anatomischen Baues befähigt, aus Boden und Atmosphäre grofse Wassermassen aufzunehmen, festzuhalten und zur Speisung immer neuer Moosgenerationen zu verwenden. Infolge ihres schnellen Wachstums lassen sie nur wenig Pflanzen neben sich aufkommen, so vornehmlich die Wollgräser, die Rasensimse, den Sonnentau und einige

---

[1]) Nach dieser Richtung wirkt besonders die künstliche Entwässerung des Moores zu Kulturzwecken oder auch die Anlage von Torfstichen.

[2]) Die Entstehung der „Bülten“ ist noch nicht völlig geklärt. Auch das Torfmoos bildet auf den noch im Wachsen befindlichen Hochmooren flache Hügelchen, die man früher auf ein ungleichmäfsiges Wachstum der verschiedenen an der Vegetation beteiligten Sphagnumarten zurückzuführen suchte. Nach dem Botaniker der Moor-Versuchs-Station, Dr. C. A. Weber, dürften sie Heidekraut-Sträuchern ihre Entstehung verdanken, die in trocknen Zeiten aufwuchsen und an denen in den nachfolgenden nassen Jahren die nun vorwiegenden Torfmoose „emporklimmen“. Tritt eine Abtrocknung der Mooroberfläche ein, so bieten diese Moosbülten den Heidepflanzen die günstigsten Wachstumsbedingungen, sie verwandeln sich in Heidebülten, die nicht selten zu recht beträchtlicher Höhe ($^1/_2$—$^3/_4$ m) aufwachsen.

andere. Auf feuchtem Waldesgrund vordringend, bringen sie dessen Holzbestand binnen kurzem zu Fall. („Das Torfmoos frifst den Wald".) Selbst die für die natürliche Vegetation der Hochmoore so charakteristischen Heidepflanzen (s. o.) werden, solange die Bedingungen für die Entwickelung der Sphagnaceen besonders günstig sind (grofse zur Verfügung stehende Mengen nährstoffarmen Wassers), von diesen leicht völlig unterdrückt. An der Hochmoorbildung sind besonders folgende Sphagnumarten beteiligt: Sphagnum medium, Sph. fuscum, Sph. recurvum, Sph. obtusum, Sph. cuspidatum, Sph. rubellum, Sph. imbricatum, Sph. capillifolium, Sph. subsecundum. In den oberen Schichten unserer Hochmoore lassen sich die wohlerhaltenen Reste dieser zierlichen Pflanzen auch mit blofsem Auge noch deutlich erkennen. Trotz der zarten, weichen Beschaffenheit ihrer Substanz unterliegen die abgestorbenen Torfmoose sehr schwer der Zersetzung. Eine eigentliche Vertorfung ist in den jüngeren Hochmoorbildungen kaum eingetreten und ihr *Moostorf* unterscheidet sich äufserlich vom *Torfmoos* fast nur dadurch, dafs unter dem Druck der darüber lagernden Massen die Moosstengel und Blättchen sich zu filzartig verwebten blättrigen Schichten verdichtet haben, und dafs das Blattgrün der lebenden Moose sich in einen gelb- oder rötlichbraunen Farbstoff umgesetzt hat. Der Widerstand, den die Torfmoose ihrer Vertorfung entgegensetzen, dürfte in erster Linie auf ihren anatomischen Bau zurückzuführen sein, der sie befähigt, so grofse Wassermengen aufzunehmen, dafs selbst die am ersten der Einwirkung des Luftsauerstoffs ausgesetzten oberen Pflanzenteile möglichst wenig mit Luftsauerstoff in Berührung kommen. Erhöht wird ihre Widerstandsfähigkeit vielleicht auch durch die in ihren Zwischenräumen sich ansammelnde Kohlensäure und durch den Mangel an alkalisch reagierenden Substanzen, namentlich an Kalk, der die Entstehung freier Humussäuren zur Folge hat, sowie durch ihren Gehalt an schwer zersetzlichen Harzen und an Gerbsäure, Stoffen, die der Vermoderung entgegenwirken (§ 51).

Wird die Oberfläche des Moores so trocken, dafs Torfmoose nicht mehr gedeihen können, und treten nun heidekrautartige Gewächse an ihre Stelle, so bieten die vom Wasser befreiten Moosreste dem Eindringen des Luftsauerstoffs nicht mehr genügenden Widerstand, und unter dessen Einflufs findet dann eine Humifizierung der obersten Moostorfschicht statt. Sie geht in eine schwarze, beim Austrocknen krümlig werdende, dem blofsen Auge kaum noch geformte Teile aufweisende *„Verwitterungsschicht"* [1]) über, die sich scharf von dem darunterliegenden, nicht ver-

[1]) Auf Grund der Angaben des Göttinger Botanikers Griesebach hielt man früher die Heidepflanzen für die wesentlichsten Bildner dieser Schicht und nannte sie demgemäfs *„Heideerde"*. Nach C. A. Weber entsteht sie jedoch auch auf Moostorfflächen, auf denen der Heidewuchs völlig zerstört ist.



witterten Moostorf abgrenzt und sich allmählich mit einer von ihr äufserlich nicht zu unterscheidenden, meist sehr dünnen Heideerdeschicht bedeckt.

Bei der schwierigen Vertorfbarkeit der Torfmoose bedarf es jedenfalls sehr grofser Zeiträume, bis sie sich in eine amorphe, nach ihrem äufseren Ansehen dem Grastorf ähnelnde Masse umwandeln. Dafs eine solche Umwandlung schliefslich stattfindet, beweisen die tieferen Schichten der älteren Hochmoore, z. B. im nordwestlichen Deutschland. Als älteste Hochmoorbildung findet sich hier, oft über Scheuchzeria- (s. o.) oder Eriophorumtorfschichten abgelagert, ein braun bis schwarz gefärbter, dem blofsen Auge amorph erscheinender Torf, der nur noch vereinzelte Heidestengel und nicht selten nesterförmig auftretende Lager von Wollgrasresten erkennen läfst. Neuere Untersuchungen haben im Gegensatz zu früheren Anschauungen[1]) ergeben, dafs auch dieser Torf im wesentlichen Torfmoosen derselben Art seine Entstehung verdankt, aus denen der überlagernde *jüngere Moostorf* sich zusammensetzt, dafs er also gleichfalls als Moostorf und zwar als *älterer Moostorf* bezeichnet werden mufs. Er unterscheidet sich weniger durch seinen Gehalt an mineralischen Bestandteilen, als hinsichtlich seiner äufseren Eigenschaften sehr erheblich von dem jüngeren Moostorf. Während der letztere, wegen seiner helleren Farbe wohl als „weifser" Torf bezeichnet, im trockenen Zustand einen elastischen, porösen Stoff von sehr geringem spezifischen Gewicht bildet, der Wasser in grofsen Mengen aufsaugt und festhält,[2]) bildet der ältere „schwarze" Moostorf nach dem Austrocknen eine dichte, schwere, als Brenntorf geschätzte Masse, die vom Wasser kaum noch benetzt wird. Sie besitzt im Gegensatz zum Moostorf jüngerer Bildung ein bedeutendes Kontraktionsvermögen. 1000 Liter älteren Moostorfs verkleinern beim Austrocknen ihr Volum auf etwa 175 Liter, 1000 Liter jüngeren Moostorfs nur auf etwa 500 Liter, und ein bestimmtes Gewicht des letzteren nimmt einen 4—5 mal gröfseren Raum ein als ein gleiches Gewicht des ersteren.

Die zahlreichen Poren des jüngeren Moostorfes begünstigen die Ansammlung grofser Mengen von Gasen, wie sie beim Vertorfungsprozefs

---

[1]) Gegen die Annahme Griesebachs, wonach die tieferen Schichten der Hochmoore vornehmlich aus den vertorften Resten von Heidekräutern bestehen sollen und daher als *„Heidetorf"* zu bezeichnen seien, haben sich in neuerer Zeit gewichtige Bedenken erhoben. Sie sind von Früh, Tolf, und besonders scharf von Dr. C. A. Weber zum Ausdruck gebracht worden. Er unterscheidet zwischen Moostorf jüngerer und älterer Bildung.

[2]) Wegen dieser Eigenschaften wird der jüngere, noch nicht verwitterte Moostorf zur Herstellung eines ausgezeichneten Einstreumaterials für Viehställe verwendet („Torfstreu"). Es besitzt in hohem Mafse die Fähigkeit, den tierischen Dünger vor Verlusten an wertvollen Stickstoffverbindungen zu schützen (ihn zu „konservieren").

entstehen (Kohlendioxyd, Kohlenwasserstoffe, Schwefelwasserstoff), die, leichter als Wasser, das spezifische Gewicht des Moostorfs so weit erniedrigen können, dafs er von seiner Unterlage sich ablöst, schwimmt und bei steigendem Wasser sich mit diesem hebt.[1])

Wo in den tieferen Schichten des Hochmoors älterer Moostorf sich vorfindet, pflegt er von der überlagernden neueren Moostorfbildung durch eine Schicht von wechselnder, aber einige Decimeter wohl nicht übersteigender Mächtigkeit getrennt zu sein, die neben sehr wenig Torfmoosen vorwiegend die Reste von Wollgras, Heide, bisweilen auch von Nadelhölzern, also von Pflanzen aufweist, die mit einem weit geringeren Mafs von Feuchtigkeit auskommen als die Torfmoose.[2]) Sie dürfte das Erzeugnis einer lange andauernden Trockenperiode sein, während deren die früher die Flora beherrschenden, gegen Feuchtigkeitsmangel sehr empfindlichen Torfmoose den genannten Gewächsen Platz machten.[3]) Als an die Stelle der trockenen Zeiträume lange anhaltende feuchte Perioden traten,[4]) wurden sie bald wieder von den üppig aufwachsenden Torfmoosen überwuchert, denen die jüngere Moostorfbildung ihre Entstehung verdankt.

Der Einflufs, den das Vorhandensein grofser Mengen nährstoffarmen Wassers auf die Entwickelung der Sphagnummoose ausübt, ist wahrscheinlich die Ursache einer Erscheinung, die alle geschlossenen Hochmoorkomplexe aufweisen: der oft stark *gewölbten Form* ihrer Oberfläche.[5]) Während die auffallenden Niederschläge an den Rändern des über seine Unterlage emporwachsenden Hochmoors leichter Abflufs finden, befördern sie das Wachstum der Moose im Innern derartig, dafs dieses bald über die Randzone emporsteigt. Die uhrglasartige Oberflächengestaltung läfst

---

[1]) Ein ausgezeichnetes Beispiel für ein derartiges schwimmendes Hochmoor bietet das *„Schwimmende Land" von Waakhausen*, ein Teil des im Flufsgebiet der Hamme (Weser) belegenen Teufelsmoores, eine bis $1^1/_2$ m mächtige, mit Büschen und Bäumen bestandene Moorschicht, die mit dem Hochwasser steigt und fällt, und von der bei heftigen Winden nicht selten grofse Stücke sich ablösen und fortgetrieben werden, wenn es nicht gelingt, durch rechtzeitig in Tätigkeit gesetzte Winden sie in die frühere Stelle zurückzuholen.

[2]) Dr. C. A. Weber bezeichnet diese Schicht als „Grenztorf".

[3]) Auch innerhalb des älteren und des jüngeren Moostorfes finden sich stellenweise als Zeugen kürzerer Trockenperioden dünne, aus Wollgras, Heide und Holzpflanzen hervorgegangene Torflagen.

[4]) Griesebach bringt das Aufwachsen des Moostorfs mit einer durch zahlreiche Beobachtungen wahrscheinlich gemachten zeitweiligen Senkung des norddeutschen Küstenstrichs in ursächlichen Zusammenhang.

[5]) Nach Sendtner läfst der nur etwa 125 ha umfassende Murner-Filz („Filz" hier gleich Hochmoor) bei Wasserburg (Bayern) eine Wölbung von mehr als 7 m Höhe erkennen.

sich sowohl bei dem älteren Moostorf und dem Grenztorf, als bei der jüngeren Moostorfbildung erkennen.

Scheinen auch die meisten Hochmoore über Niederungsmoorbildungen aufgewachsen zu sein, so ist doch die Auflagerung eines Hochmoors unmittelbar auf mineralischem Untergrunde durchaus nicht ausgeschlossen. Die über Niederungstorf sich ansiedelnden Torfmoose ziehen sich seitlich weit über die ursprünglichen Grenzen des Moores hinaus, wenn sie in der Umgebung die geeigneten Bedingungen zu üppigem Wachstum (Ansammlung von nährstoffarmem Wasser) vorfinden. Sie überdecken den angrenzenden Heideboden, unter Umständen auch fruchtbarere Bodenarten,[1]) kleine Hügel, Wälder, mit Moospolstern, und führen so eine bisweilen sehr beträchtliche peripherische Ausdehnung des Hochmoors herbei.

Unmittelbar auf mineralischem Untergrund lagernden Hochmoortorf weisen auch manche Gebirgshochmoore auf.

§ 62. *Gebirgshochmoore.* Auch auf den Gipfelplateaus und an den Abhängen von Gebirgen entstehen Hochmoore von ganz ähnlicher Beschaffenheit, wie die soeben beschriebenen der Ebene, falls hier nur die Gelegenheit zu zeitweiligen Wasseransammlungen gegeben ist und ein schwer verwitterbares, an Pflanzennährstoffen, namentlich an Kalk armen Boden lieferndes Gestein (z. B. Granit, Gneifs, Glimmerschiefer u. a.) die Unterlage bildet. Für die landwirtschaftliche Benutzung kommen diese Moore nur selten in Frage, dagegen sind sie wegen ihres hohen Wasseraufsaugungsvermögens[2]) für die Erhaltung der Vegetation an den Gebirgsabhängen von gröfster Bedeutung. Indem sie das auffallende Regenwasser, das von den nackten Gipfeln mit grofser Gewalt in die Tiefe stürzen und den bereits gebildeten Verwitterungsboden nebst den darin wurzelnden Pflanzen mit sich reifsen würde, aufsaugen, verhindern sie einerseits jene Zerstörungen und liefern andererseits in ihren langsam absickernden Wässern eine sparsam, aber stetig fliefsende Nährquelle für die Flora unserer Berge.

§ 63. Die geringen Ansprüche, welche die hochmoorbildenden Pflanzen an den Nährstoffgehalt von Boden und Wasser stellen, kommen

---

[1]) Auf versumpften Böden treten die vielleicht in reichem Mafs vorhandenen wertvollen Bodenbestandteile nicht als Nährstoffe in Wirksamkeit. Anderenfalls würden die Torfmoose bald durch anspruchsvollere moorbildende Pflanzen verdrängt werden.

[2]) Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station haben ergeben, dafs die Wassermenge, die ein Hochmoor aufsaugt, dem Raume nach 80—85 % des Hochmoors ausmacht. Denkt man sich aus einem 4 m mächtigen Moor die moorbildenden festen Pflanzenreste herausgenommen, so würde das zurückbleibende Wasser eine 3,20—3,40 m hohe Schicht bilden.

in der *Zusammensetzung des Hochmoortorfes* deutlich zum Ausdruck. Er ist von Natur durchweg sehr arm an *mineralischen Bestandteilen.* Sein Gesamtaschengehalt kann bis auf 2 und weniger Prozent der Torftrockensubstanz herabgehen. Der durchschnittliche *Kalk*gehalt des trockengedachten Hochmoortorfes überschreitet nicht 0,2 % (während der durchschnittliche Gehalt der Niederungsmoorbildungen etwa auf 3 % anzusetzen ist). Damit hängt es zusammen, dafs seine *Humussäuren* — im Gegensatz zum Niederungsmoortorf — zum grofsen Teil in freiem Zustande vorhanden sind und behufs der Kultivierung dieser Moorbildungen durch Zufuhr von Kalk oder Mergel „abgestumpft" (in humussaures Calcium übergeführt) werden müssen.[1]) Hierdurch wird zugleich die für den Kulturboden anzustrebende Umwandlung der schwer zersetzlichen Pflanzenteile in „milden" Humus in auffälligem Mafse gefördert.[2])

Auch der *Stickstoff*gehalt des Hochmoortorfes bleibt weit hinter dem der Niederungsmoorbildungen zurück. Während bei den letzteren ein Stickstoffgehalt der Torftrockensubstanz von 3 % nichts Seltenes ist, bewegt sich der Stickstoffgehalt des Hochmoortorfes etwa um 1 %. Auch steht der Mangel an basischen Stoffen in dem letzteren einer Überführung des Torfstickstoffs in die wirksame Form, die im Salpeter, entgegen (§ 28).

Für die *landwirtschaftliche Kultur* ist bisher im wesentlichen nur die jüngere Moostorfbildung in Frage gekommen. Bei einer auf ihre Eigenschaften genügende Rücksicht nehmenden Behandlung stellt sie, besonders wegen ihres Verhaltens zum Wasser, ein für zahlreiche Acker- und Wiesengewächse sehr geeignetes Kulturmedium dar. Dagegen bietet der ältere Moostorf, besonders durch sein erhebliches Kontraktionsvermögen und seine Neigung zum Austrocknen, der landwirtschaftlichen Nutzung Schwierigkeiten.

---

[1]) Auf der anderen Seite wirkt die Anwesenheit freier Säuren insofern günstig, als sie den Hochmoorboden befähigt, die natürlich vorkommenden schwerlöslichen Phosphate „aufzuschliefsen" (§ 20). Die vom Handel verhältnismäfsig billig gelieferten Rohphosphate (Phosphorite, Koprolithe) äufsern daher auf den Hochmoorböden eine Wirkung, die ihnen auf anderen Bodenarten nicht zukommt.

[2]) Solange der Hochmoorboden seine natürliche saure Beschaffenheit besitzt, ist er für die meisten Kulturpflanzen unzugänglich. Sie dringen mit ihren Wurzeln nur so weit in die Tiefe, als der Säureüberschufs an basische Stoffe gebunden ist. Um den landwirtschaftlichen Nutzgewächsen ein gröfseres Wurzelgebiet zu erschliefsen, hat man nach dem Vorgang der Moor-Versuchs-Station neuerdings angefangen, mittels eines Untergrund-Düngepfluges auch die Untergrundschichten der Hochmooräcker zu kalken.



§ 64.

Übergang von Hochmoor in Niederungsmoor. Nach den früheren Erörterungen über die Hochmoor- und Niederungsmoorbildung wird man voraussetzen dürfen, dafs der Übergang von einer Moorbodenart in die andere allermeist in der Weise sich vollzieht, dafs ein Niederungsmoor sich allmählich zu einer Hochmoorbildung auswächst. Doch kommen auch Beispiele vor, in denen das Umgekehrte stattgefunden hat. Wird z. B. ein aufwachsendes Hochmoor infolge einer Senkung des Gebietes oder durch Wegräumung natürlicher Schutzwälle mit nährstoffreichem Wasser überflutet, so kann an Stelle der Torfmoose eine niederungsmoorbildende Flora treten und über dem Hochmoortorf eine Niederungsmoorschicht entstehen. Letztere geht dann wieder in eine Hochmoorbildung über, sobald infolge der Oberflächenerhöhung die moorbildenden Pflanzen dem Einflufs des fruchtbaren Wassers sich entziehen.

Kapitel III.

Die Klassifikation des Bodens und die geognostisch-agronomische Bodenkartierung.

A. Die Klassifikation des Bodens.

Seit langer Zeit ist man bemüht gewesen, nach gewissen, einer gröfseren Anzahl von Böden gemeinsamen Eigenschaften die mannigfaltigen Bodenarten in Gruppen oder Klassen zusammenzuordnen. Je nachdem man dabei diese oder jene Eigenschaften oder Merkmale als mafsgebend ansah, mufste die Einteilung natürlich sehr verschieden ausfallen.

§ 65.

Einteilung nach petrographischen und geologischen Kennzeichen. Die Einteilung der Böden auf petrographischer Grundlage, d. h. nach der Art ihres Muttergesteins, wonach man z. B. zwischen „Granit-", „Basalt-", „Tonschieferböden" u. s. w. unterscheiden würde, erscheint für unsere Zwecke untauglich, weil aus gleichnamigen Gesteinen sehr verschiedenartige Böden hervorgehen können (§§ 48, 49). Desgleichen verwerfen wir ein Einteilungssystem, das sich auf die geologische Abstammung des Bodens stützt, z. B. von Buntsandsteinboden, Keuperboden, „Diluvialboden", „Alluvialboden" (§ 3) spricht. Diese Bezeichnungen lassen höchstens Vermutungen über das *Alter* des Bodens zu, sagen aber nichts über dessen *Beschaffenheit* aus. Auf Buntsandstein finden sich ganz arme und wieder sehr fruchtbare Böden; „Diluvialböden" können fast ausschliefslich aus Quarzsand bestehen, aber auch grofse Mengen von Feldspat, Hornblende und andere ihre Fruchtbarkeit steigernde Bestandteile enthalten. Die „Alluvialböden" umfassen den unfruchtbarsten Dünensand, sowie die zu den reichsten Bodenarten gehörigen Marsch- und Aueböden.[1])

§ 66.

Einteilung der Böden nach ihrer Entstehungsart. Gröfsere Berechtigung mit Rücksicht auf die landwirtschaftliche Bewertung der Böden zeigt eine Gruppierung der verschiedenen Bodenarten, die sich auf ihre *Entstehungsart,* also gleichfalls auf ein geologisches Prinzip gründet,

---

[1]) Über die Berücksichtigung der Herkunft eines Bodens bei seiner Kennzeichnung s. u. § 107.

d. i. die Einteilung in *Primitiv-* oder *Verwitterungsböden* und *Derivat-* oder *Schwemmböden*. Unter „Primitiv-“ oder „Verwitterungsböden“ versteht man solche Bodenarten, die, unmittelbar aus dem anstehenden Gestein durch Verwitterung hervorgegangen, noch über ihrem Muttergestein lagern. Soweit sie kristallinischen Urgesteinen ihre Entstehung verdanken, kann man sie als *Verwitterungsböden der Urgesteine*, falls sie sich auf sedimentären Gesteinen bildeten, als *Verwitterungsböden der Sedimentärgesteine* bezeichnen. „*Derivat-*“ oder „*Schwemmböden*“ nennt man die Bodenarten, die, durch irgend welche Umstände, namentlich durch Wasserkraft oder auch durch Eis oder durch den Wind von dem Ort ihrer Bildung fortgeführt, auf fremder Gesteinsunterlage sich abgelagert haben.

Beide Bodengruppen weisen hinsichtlich ihrer natürlichen Beschaffenheit gewisse Unterschiede auf, die für ihre landwirtschaftliche Beurteilung von Bedeutung sind. Die „Primitivböden“ befinden sich noch im Anfangsstadium der Gesteinsumwandlung. In verhältnismäfsig geringer Tiefe liegt das noch unverwitterte feste Muttergestein, sie sind daher meist flachgründig und enthalten selbst noch vielfach gröbere, nicht oder wenig verwitterte Gesteinselemente. Dies ist namentlich der Fall bei dem Verwitterungsboden der Urgesteine, weniger bei denen der Sedimentärgesteine, die ja nichts anderes sind, als die wieder verhärteten Produkte einer durchgreifenden Verwitterung der Urgesteine und der Verschwemmung der mehr oder weniger stark veränderten Gesteinselemente. Sie sind meist weniger hart als die ursprünglichen Massengesteine, auch erleichtert ihre Schichtung oder Schieferung den Zerfall zu erdiger Masse. Die „Schwemmböden“ haben vor ihrer Ablagerung bereits einen Transport durchgemacht, bei dem die gröberen, festen Gesteinstrümmer zu feinem Sand und Schlamm zerrieben wurden. Sie besitzen, soweit sie sich noch nicht wieder zu festem Gestein verhärtet haben, meist bis auf grofse Tiefe hin, bis auf das Gestein, über dem sie sich ablagern, von vornherein mehr den Charakter eines fertiggebildeten und tiefgründigen Bodens. Während aber die Verwitterungsböden durch ihre ganze Masse hindurch verhältnismäfsig *gleichförmig* zu sein pflegen, ist eine Gleichartigkeit der verschiedenen Schichten bei den Schwemmböden weniger zu erwarten, weil bei ihrer Entstehung Ton, Sand, Geröll u. a. m. je nach ihrem spezifischen Gewicht wechselnd sich abgesetzt haben.[1])

---

[1]) Ein gleicher Prozefs ging auch bei der Bildung der sedimentären Gesteine vor sich (§ 33), die ja nichts anderes sind, als wieder zu Gestein erhärteter Boden. Jedoch hat hier unter der Last der überlagernden Wasser- und Gesteinsmassen allermeist wieder eine Vermischung der verschiedenartigen Bestandteile stattgefunden. Es pflegen daher die Verwitterungsböden der Sedimentärgesteine hinsichtlich ihrer Gleichartigkeit zwischen denen der Urgesteine und der Schwemmböden zu stehen.

So schätzenswerte Anhaltspunkte hiernach die aus der verschiedenen Entstehungsart sich ergebenden Merkmale für manche zu erwartenden Eigentümlichkeiten der verschiedenen Bodenklassen liefern, so reichen sie doch nicht entfernt zur Kennzeichnung ihrer landwirtschaftlich wichtigen Eigenschaften aus. Können doch nach ihrer ganzen Bildungsart Verwitterungsböden aus sedimentären Gesteinen den Schwemmböden hinsichtlich ihrer Zusammensetzung durchaus gleichartig sein. Und umgekehrt weisen die „Verwitterungsböden" ebenso wie die „Schwemmböden" untereinander in ihren Eigenschaften so gewaltige Verschiedenheiten auf, dafs diese Bezeichnungen auf den landwirtschaftlichen Wert jener Bodenarten kaum einen Schlufs zulassen. Soll eine Klassifikation der landwirtschaftlichen Beurteilung zu Hilfe kommen, so mufs sie sich auf Eigenschaften stützen, die für die landwirtschaftliche Verwertung des Bodens von Bedeutung sind. Diesem Anspruch scheinen bei oberflächlicher Betrachtung am meisten die Gruppierungen zu entsprechen, die man als:

§ 67.

Ökonomische Einteilungssysteme zu bezeichnen pflegt. Dieselben richten sich zum Teil nach den *Fruchtgattungen*, die auf den verschiedenen Böden gut oder weniger gut gedeihen, und teilen die letzteren z. B. ein in „guten", „mittleren", „geringen" „Weizen-", „Gerste-", „Roggen-" u. s. w. Boden, oder auch in „kleefähigen" und „nicht kleefähigen" Boden, zum Teil nach den *Kornerträgen,* indem man unterscheidet zwischen Böden, die das Dreifache, Vierfache, Fünffache u. s. w. der Aussaat bringen, zum Teil nach den verschiedenen *Geldroh-* oder *Geldreinerträgen* der einzelnen Bodenarten. Der in irgend einer Weise ermittelte Reinertrag ist dem Bodenbewertungssystem zugrunde gelegt, das seitens des Preufsischen Staates und anderer Länder zum Zweck der Grundsteuer-Veranlagung benutzt wird.[1]) Es ist aber leicht einzusehen, dafs alle derartigen Systeme mehr versprechen, als sie halten können, weil sowohl die Art der anbau-

[1]) Das Preufsische Gesetz vom 21. Mai 1861 (betr. die anderweitige Regelung der Grundsteuer) setzt folgendes fest. In jedem landrätlichen Kreise oder, falls dieser erhebliche Bodenverschiedenheiten aufweist, in den innerhalb des Kreises angenommenen „Klassifikationsdistrikten" wird der vorhandene Grund und Boden je nach der Kulturart eingeteilt in:

Ackerland, Gärten, Wiesen, Weiden, Holzungen, Wasserflächen und Ödland.

In jedem Kreise oder Klassifikationsdistrikt wird, ganz unabhängig von den übrigen Kreisen und Distrikten, das Ackerland je nach seinem Kapitalwert oder der Höhe seines Reinertrages in nicht mehr als 8 Bodenklassen eingeteilt. Als Reinertrag wird die Summe (ausgedrückt in Silbergroschen pro Morgen) angesehen, die nach Abzug der Bewirtschaftungskosten (inkl. der Zinsen für Gebäude- und Inventarienkapital) bei gewöhnlicher Bewirtschaftungsweise nach

fähigen Früchte, als die von ihnen zu erwartenden Material-, Roh- und Reinerträge nicht blofs durch die Art des Bodens, sondern sehr wesentlich auch durch das Klima, die Art des Wirtschaftsbetriebes und durch die mannigfachsten wirtschaftlichen Verhältnisse bedingt werden.

Auch die von manchen vorgeschlagene und befürwortete Einteilung der Böden nach ihrer *natürlichen Vegetation* (die nach vielen Beobachtungen auf die Anwesenheit gewisser wichtiger Pflanzennährstoffe im Boden hindeuten kann) würde bei dem jetzigen Stande unserer Erkenntnis in hohem Grade unsicher sein, weil neben der Bodenbeschaffenheit noch viele andere Faktoren auf die Ansiedelung dieser oder jener Pflanzen hinwirken.[1])

§ 68.

Die Klassifikation auf physikalisch-chemischer Grundlage.

Von der Erkenntnis ausgehend, dafs der landwirtschaftliche Wert eines Bodens in erster Linie von den an seiner Zusammensetzung beteiligten Stoffen abhängt, hat schon Albrecht Thaer, der Begründer der Landbauwissenschaft, je nach dem Vorwalten gewisser für die landwirtschaftliche Benutzung besonders wichtiger Gemengteile die Böden in folgende Gruppen eingeteilt: *„Tonböden“, „Lehmböden“, „sandige Lehm-“* und *„lehmige Sandböden“, „Sandböden“, „humose Böden“, Kalkböden.*[2]) Wenn auch derartige Systeme mit allen Versuchen, Naturgegenstände zu klassifizieren, den Übelstand gemein haben, dafs sich zwischen den einzelnen Abteilungen zahlreiche Übergangsgebilde finden, wenn ferner auch die in eine Klasse

---

dem Urteil ortskundiger, landwirtschaftlicher Sachverständigen jährlich von der fraglichen Fläche dauernd erzielt werden kann.

Da die Einschätzung in jedem Kreise und Distrikt ganz selbständig erfolgt, so brauchen natürlich die in einem Kreise festgesetzten Bodenklassen durchaus nicht mit den entsprechenden Bodenklassen eines anderen Kreises gleichwertig zu sein. So erzielt z. B.

im Kreise	die Bodenklasse	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Kreuznach	einen Reinertrag von	330	270	210	150	90	43	21	12	Sgr.
Lübben	„ „ „	108	90	81	54	30	21	9	3	„

[1]) Siehe darüber weiteres im zweiten Abschnitt dieses Werkes „Botanik der Wiesenpflanzen“.

[2]) Thaer unterscheidet innerhalb der einzelnen Bodenarten, je nach den die Ertragsfähigkeit bestimmenden Verhältnissen (Bodenbestandteile, Tiefe der Ackerkrume und des Untergrundes, Klima, Lage u. a.), verschiedene Bodenklassen, deren Brutto- und Reinerträge in $^1/_4$ Scheffel (= X) ausgedrückt werden. Die Differenz zwischen beiden Zahlen gibt die Höhe der Bewirtschaftungskosten. Seine Klassifikation ist die folgende:

zusammengeworfenen Böden nicht selten sehr verschiedenen landwirtschaftlichen Wert besitzen, und endlich die als Merkmale für die verschiedenen Bodenklassen aufgeführten Gemengteile *für sich allein* noch nicht den gröfseren oder geringeren Bodenwert bestimmen, so hängt dieser doch unzweifelhaft unter sonst gleichen (klimatischen, wirtschaftlichen u. a.) Verhältnissen in erster Linie von einem gröfseren Reichtum des Bodens an den Stoffen ab, die in dem Thaer'schen System Berücksichtigung gefunden haben.[1]) In enger Anlehnung an das letztere und in wesentlicher

---

	Bruttoertrag auf den Morgen	Reinertrag auf den Morgen
Bodenart I: *Tonboden.*		
Kl. 1. Schwarzer Klei-, fetter Weizen-Marsch-Polderboden	75 X	48 X
„ 2. Starker Weizenboden	50 „	26 „
„ 3. Schwacher Weizen-, zäher Letten-, träger, kalter Lehmboden	36 „	12 „
„ 4. Magerer Weizen-, kalter Haferboden, Bergboden		0—3—6 X
Bodenart II: *Lehmboden.*		
Kl. 1.	46 X	26 X
„ 2.	36 „	18 „
„ 3.	38 „	21 „
Bodenart III: *Sandiger Lehm- und lehmiger Sandboden*, schwarzer Gersten- und trockener Haferboden.		
Kl. 1. Sandiger Lehmboden	32 X	16 X
„ 2. Ebenso, aber tadelhaft in einzelnen Punkten	24 „	10 „
„ 3. Lehmhaltiger Sandboden	20 „	8 „
„ 4. Ebenso, aber ungünstiger	16 „	6 „
Bodenart IV: *Sandboden.* Drei- und sechsjähriges Roggenland. (Ertrag mit Rücksicht auf Weidewert.)		
Kl. 1. Nach Ruhe 5 Scheffel Roggen	— X	4 X
„ 2. „ „ 4 „ „	— „	3 „
„ 3. „ „ 3 „ „	— „	2—1 X
Bodenart V: *Humoser Boden.*		
Kl. 1. Milder, schwarzer Gerstenboden, Aueboden		30 X
„ 2. Schwarzer Niederungs-Roggenboden oder schwarzer Haferboden		18 „
„ 3. Saurer Niederungsboden		8—12 X
„ 4. Mooriger Boden		?

Bodenart VI: *Kalkboden.*

Wird, weil aus eigener Anschauung nicht bekannt, nicht näher erörtert.

[1]) Ein von W. Knop in seinen Grundzügen entworfenes, aber noch nicht genügend entwickeltes System auf rein chemischer Grundlage teilt die Böden in die *Familie der Silikatböden* (Tonerdesilikat-, Eisenoxydsilikat-, Monoxydsilikat-

Übereinstimmung mit dem Bodenklassifikationssystem, das bei der geognostisch-agronomischen Kartierung (s. u.) des norddeutschen Flachlands durch die Königlich Preufsische Geologische Landesanstalt zur Anwendung kommt, teilen wir die Bodenarten ein in:

Steinböden, Sandböden, Lehmböden, Tonböden, Kalkböden, Humusböden und Moorböden.[1])

Bei den Moorböden unterscheiden wir als Untergruppen die *Hochmoorböden,* die *Niederungsmoorböden* und die *Übergangsmoorböden.*

B. Die geognostisch-agronomischen Bodenkarten.

Während die frühere geologische Landesaufnahme, hervorgewachsen aus rein wissenschaftlichen und aus bergbaulichen Interessen, fast ausschliefslich das *Gebirgsland* behandelte, war die im Jahre 1873 begründete Königl. Preufsische Geologische Landesanstalt von Anfang an bestrebt, durch eine geognostisch-agronomische Kartierung auch des *Flachlandes* zugleich den Bedürfnissen der Land- und Forstwirtschaft Rechnung zu tragen.

§ 69.

Zweck der Karten und Art der Darstellung. Die geognostisch-agronomischen Karten sollen nicht blofs die *Gesteins*-Zusammensetzung[2]) auf dem dargestellten Landesabschnitt, dessen „*petro*graphischen“ Charakter, sondern gleichzeitig seine „*pedo*graphische“ Beschaffenheit, also die durch chemische und mechanische Analyse ermittelte Zusammensetzung seiner äufsersten Verwitterungsrinde, d. i. des *Bodens,* zur Anschauung bringen und so die Grundlage für seine landwirtschaftliche und forstliche Bewertung liefern.

Zur Herstellung der Bodenkarten werden die Mefstischblätter[3]) der topographischen Abteilung des Preufsischen Generalstabes im Mafsstab

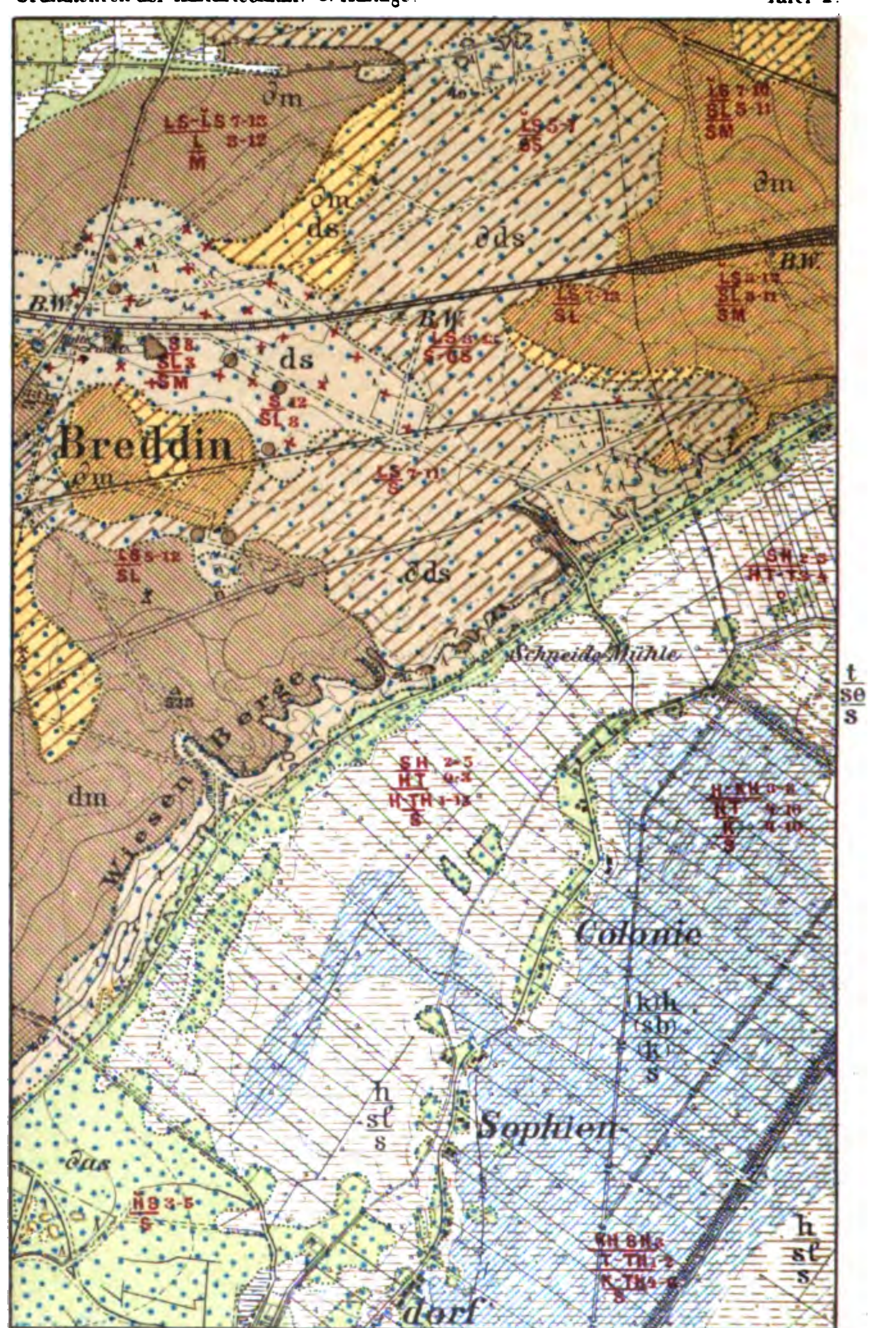
böden und Sand- oder kieselsaure Böden), die *Familie der Karbonatböden* (Kalk- und Dolomitböden) und die *Familie der Sulfatböden* (Gips- und Anhydridböden). Je nach dem Gehalt an den verschiedenen Bestandteilen soll dann die weitere Einteilung erfolgen.

[1]) Gewöhnlich (auch bei den Aufnahmen der Geologischen Landes-Anstalt) werden die Moorböden den „Humusböden“ zugerechnet. Sie nehmen jedoch sowohl nach ihrer Entstehungsweise als nach ihren Eigenschaften eine gesonderte Stellung ein.

[2]) Der Ausdruck „Gestein“ (wie auch „Gebirge“, „Gebirgsart“) bedeutet im geognostischen Sinn nicht nur festen Stein, Fels, sondern jeden, auch den lockeren, losen, erdigen Teil der Erdrinde.

[3]) Die durch Druck vervielfältigten, mit dem Mefstisch, einem Feldmefsapparat, hergestellten Geländeaufnahmen („Mefstischplatten“). Die Niveauunterschiede im Gelände sind auf den Mefstischblättern durch Höhenlinien und eingeschriebene Zahlen zur Darstellung gebracht.





Verlag von Paul Parey in Berlin, S.W., Hedemannstr. 10.

BODEN PROFILE.

Humus-u. Kalkboden.

④ h SH, sf ST, s S

⑤ kh KH, sf ST, k K, s S

Lehmboden

② ∂m LS, SL, SM

③ ∂m LS, SL, ds S

① dm LS, L, M

FARBEN-BEZEICHNUNG.

GEOGNOSTISCH. AGRONOMISCH

ALLUVIUM.

Das Formationszeichen a ist in den übrigen Theilen der Karte weggelassen.

Torf. ⑦ a — *Humus (Torf) mit Torf-Untergrund und nahem Grundwasser.*

Moorerde. ⑥ ah — *Nur in Uebereinanderfolge vorkommende Bildungen.*

Moormergel. ⑧

DILUVIUM

Thalsand im Hauptthale. ∂ds — ⑤ *Sand und schwach humoser Sand mit durchlässigem Sand-Untergrund und meist nicht tiefem Grundwasser.*

Thalsand bezw. Sand der Rinnen und Becken in der Hochfläche. ∂ds — ④ *Sand und schwach humoser Sand mit durchlässigem Sand-Untergrund (meist trocken).*

Oberer Diluvialmergel (Geschiebemergel) einschliesslich seiner lehmig sandigen Verwitterungsrinde. — ③ *Lehmiger Sand über schwer durchlässigem Lehm-Untergrund in der Tiefe Mergel.*

Unterer Diluvialsand (Spathsand). ds — ② *Sand mit durchlassigem Sand-Untergrund (meist trocken) mit Geschiebebestreuung.*

Unterer rother Diluvialmergel (Geschiebemergel) einschliesslich seiner lehmig sandigen Verwitterungsrinde — ① *Lehmiger Sand über schwer durchlässigem Lehm-Untergrund in der Tiefe Mergel.*

Uebereinander bezw. mit Einlagerungen vorkommende Bildungen 3,

	des Diluvium		des Alluvium	
OberKrume:	*Reste d. Unter rothen bezw. Ober Dil. Mergels Schwach lehmiger Sand u. lehmiger Sand.*		*Moorerde bezw. Torf.*	*Moormergel nesterweise.*
über	①	②	③ h / sf	
Untergrund:	*Sandigem Lehm (Mergel) u. Sand.*	*Sand.*	*Thon und Sand.*	*Thon u. Kalk nesterweise u. Sand.*

Verlag von Paul Parey in Berlin, S.W., Hedemannstr. 10.

von 1:25000 der natürlichen Gröfse benutzt. Jede Karte umfafst ein Gebiet von $2^1/_4$ Quadratmeilen (ca. 12700 ha). Die Gebiete der verschiedenen zu Tage liegenden Gesteinsschichten oder der aus ihnen hervorgegangenen Bodenarten des Flachlandes — es kommt hier fast ausschliefslich die Quartärformation in Betracht — werden durch Linien („Geologische Grenzen“) umzogen und ihre Zugehörigkeit zu dieser oder jener Formation durch gewisse Grundfarben, sowie durch eingetragene schwarze Buchstaben („Formationszeichen“) gekennzeichnet. Es erhalten (s. den beigegebenen Kartenausschnitt,[1]) Tafel I und II nach S. 112) die Schichten

des Alluviums	weifse	Grundfarbe	und das	Formationszeichen		a
des oberen Diluviums und zwar:						
des Taldiluviums . .	blafsgrüne	„	„	„	„	∂a
des Höhendiluviums	blafsgelbe	„	„	„	„	∂
des unteren Diluviums	hellgraue	„	„	„	„	d.

Die *petrographische* Beschaffenheit der Formationsabteilungen wird durch Zusammenstellung der Formationszeichen mit gleichfalls schwarzgedruckten lateinischen Buchstaben kenntlich gemacht; z. B. bedeuten (s. Tafel II) die „Symbole“ as, asl, ak, ah, at (dem Alluvium angehörigen) Sand, Schlick, Kalk („Wiesenkalk“, § 33, 4), Humus, Torf, ∂m oberen, dm unteren Diluvialmergel, ∂s oberen, ds unteren Diluvialsand etc. Die gleichen Zeichen finden sich bei den auf den Kartenrändern angebrachten Farbenerklärungen.

Aufserdem aber werden die petrographischen Unterschiede und damit zugleich die verschiedenen *Hauptbodengattungen* innerhalb der einzelnen Formationsabteilung durch besondere, für die verschiedenen Formationen gleichartige Signaturen meist in einem dunkleren Ton der geologischen Grundfarbe zusammengefafst, und zwar die *Sand*böden durch Punktierung,[2]) die *Grand*böden durch Ringelung, die *Stein*böden durch Kreuzchen, die *tonigen* Böden durch wagerechte oder senkrechte, die *Geschiebemergel* durch schräge Reifsung, die *Tone, Lehme* und *lehmigen* Böden durch schräge Schraffierung, die *Humus*- und *Moor*böden durch kurze Strichelung, die *Kalk*böden durch blaue Schraffierung (s. d. Karte).

§ 70. Um auch den Charakter der *tieferen Bodenschichten* und die *Grundwasserverhältnisse* auf den Karten zum Ausdruck bringen zu

---

[1]) Der Kartenausschnitt ist mit gütiger Erlaubnis des Herrn Prof. Dr. H. Gruner dem von ihm geognostisch und agronomisch bearbeiteten Blatt Lohm (Gradabteilung 43 No. 12) entnommen.

[2]) Die staubfeinen (Mergel- und Schluff-) Sande durch sehr feine, die mittel- und grobkörnigen durch lichter gestellte, gröbere Punktierung.

können, wurden bei der agronomischen Aufnahme zahlreiche Handbohrungen, früher bis auf 1,5 m, in neuerer Zeit bis auf 2 m Tiefe, ausgeführt (für jedes Blatt etwa 2000 und darüber), deren Anordnung aus einer besonderen Bohrkarte hervorgeht. Gehören die in der Bohrtiefe enthaltenen Schichten mehreren Formationen an, so deutet die Grundfarbe stets die geologische Zugehörigkeit der *oberen* Schicht an (falls diese nicht aufserordentlich dünn ist oder nur eine „Durchtränkung" der eigentlich obersten Schicht mit Elementen einer anderen Formation, z. B. mit Humus, darstellt). In die Grundfarbe werden dann die den verschiedenen Formationen beigelegten Signaturen in der Art eingetragen, dafs die Signatur der unteren Schicht hinter die der oberen zurücktritt, dafs z. B., wenn Sand unter Moor liegt, die Strichelung die Punktierung überwiegt. Auch die aufgedruckten Symbole lassen die Aufeinanderfolge mehrerer geologischer Schichten hervortreten und zwar dadurch, dafs sie, durch Striche getrennt, untereinander gesetzt werden. So bedeutet der Ausdruck $\frac{\partial m}{ds}$, dafs unter oberem Diluvialmergel unterer Geschiebesand liegt, der Ausdruck $\begin{array}{c} as \\ \hline at \\ \hline \partial m \end{array}$, dafs oberer Geschiebemergel von alluvialem Torf und dieser von alluvialem Sand überlagert wird. In einem dem Erläuterungsheft zur Karte angefügten *Bohrregister* wird die pedographische Beschaffenheit der durchteuften Schichten durch Buchstaben und andere Zeichen,[1]) ihre Mächtigkeit durch Zahlen angegeben, die immer Decimeter bedeuten, z. B.:

Teil der Karte[2])	Bohrloch No.	Bodenprofil	
IA	8	$\begin{array}{c} \check{K}\check{S}H\ 3 \\ \hline S\ 17 \end{array}$	Unter einer 3 dm mächtigen, schwach kalkhaltigen und schwach sandigen Humusschicht liegen (mindestens) 17 dm grob- und feinkörnigen Sandes.
oder IIC	66	$\begin{array}{c} \overline{H}\mathfrak{S}T\ 2 \\ \hline E\mathfrak{S}T\ 2 \\ \hline S\ 16 \end{array}$	Unter 2 dm stark humosen, sandigen (Sand unter 0,2 mm Korngröfse) Tones folgen 2 dm eisenschüssigen, sandigen (wie oben) Tones, darauf (mindestens) 16 dm Sand (Korngröfse über 0,2 mm).
	u. s. w.		

[1]) Jedem Bohrregister geht eine Erklärung der benutzten Buchstaben und Zeichen voraus, wonach z. B. S Sand, G Grand, L Lehm, T Ton, M Mergel, K Kalk, H Humus, SL sandigen Lehm, SKH sandigen kalkhaltigen Humus etc. bedeutet.

[2]) Die Bohrkarten sind, um die Auffindung jeder Bohrstelle zu erleichtern, in 4 × 4 annähernd quadratische Felder geteilt, die in bekannter Weise durch Zahlen und Buchstaben kenntlich gemacht werden.

In den Karten selbst werden die auf einer gröfseren Fläche ermittelten Minimal- und Maximalzahlen für die Mächtigkeit der einzelnen Bodenbildungen in Rotdruck an einer Stelle eingetragen, die im Mittelpunkt der betreffenden Fläche steht. Gehören die *tieferen* Schichten einer anderen Formation oder Formationsabteilung an, als die Grundfarbe des Kartenteils für die oberen Schichten angibt, so wird dies durch Einzeichnung einzelner Bohrlochkreise von der Farbe der betreffenden Formation kenntlich gemacht.

Auf dem rechten Rande jeden Blattes finden sich die Erklärungen der in der Karte verwendeten Farben und geognostischen und agronomischen Zeichen („Farben-Bezeichnung"), auf dem linken Zeichnungen der für die aufgenommene Gegend charakteristischen Bodenprofile, nach Bodengattungen geordnet. Der untere Rand enthält eine graphische Darstellung der daselbst übereinander oder zwischeneinander vorkommenden Bildungen (s. Tafel II).[1])

§ 71.

Das Kartenlesen. Mit Hilfe der vorstehenden und der auf der Karte selbst (Tafel II) gegebenen Erläuterungen dürfte es nicht schwer sein, aus der Bodenkarte (Tafel I) den geognostischen und den pedographischen Charakter der dargestellten Gegend herauszulesen.

Die durch die Karte dargestellte Landschaft scheidet sich in zwei scharf voneinander abgesonderte geognostische Gebiete. Das nordwestliche gehört nach seinen grauen, gelben und grünen Grundfarben dem *Diluvium*, das südöstliche nach seiner weifsen Grundfarbe dem *Alluvium* an.

Unter den diluvialen Bildungen auf dem nordwestlichen Kartenteil ist zunächst der *untere Diluvialmergel* („Unterer Geschiebemergel"), das Produkt der älteren Eiszeiten (§ 37), südlich und nördlich der Ortschaft Breddin leicht erkennbar an der hellgrauen Grundfarbe und an der Bezeichnung dm (s. Farbenbezeichnung ① Tafel II), die dunklere Reifsung deutet den lehmigen oder tonigen Charakter der oberen Schicht an. Die Bohrungen auf dem übrigen Teil des Geländes zeigen, dafs er oder der aus ihm hervorgegangene Geschiebesand (ds) sich auch im Untergrunde der jüngeren hier vertretenen Diluvialbildungen findet. Nach den in die Karte eingetragenen agronomischen (roten) Buchstabenzeichen und nach der Profildarstellung ① Tafel II besteht er in seiner oberen 5—13 dm

---

[1]) In den obigen Erläuterungen konnten nur die wichtigsten Bezeichnungen des sinnreichen Systems berührt werden, welches bei der geologisch-agronomischen Kartierung der Geologischen Landesanstalt sich allmählich herausgebildet hat. Einen eingehenderen Einblick erhält der Leser durch das Studium der höchst übersichtlichen und klaren Darlegungen des Prof. Dr. K. Keilhack. (S Literatur zum I. Abschnitt.)

mächtigen Verwitterungsschicht aus lehmigem Sand (LS) oder schwach lehmigem Sand (ĽS). Darauf folgt nach der Tiefe zu Lehm (L) oder sandiger Lehm (SL), und darunter wurde nördlich von Breddin Mergel (M) oder sandiger Mergel (SM) angetroffen.

Unmittelbar nördlich von Breddin, ferner in einigen Inseln in nordöstlicher und östlicher Richtung von Breddin, sowie in einem langen, schmalen, fast an der Grenze von Alluvium und Diluvium sich hinziehenden Streifen tritt der untere Diluvialsand oder Spatsand (§ 37) zu Tage, eine Ablagerung der Interglacialzeit, kenntlich an der hellgrauen Grundfarbe mit dunkelgrauen Punkten und dem Zeichen ds. Die in die Karte eingetragenen Bohrlochkreise ○ und Nachgrabungszeichen ◗ (mit dem Gepräge des Diluvialmergels) und die Farbenbezeichnung ② Tafel II, sowie die in die Karte eingetragenen agronomischen (roten) Buchstaben und Zahlen lassen erkennen, dafs schon bei Handbohrungen und Grubenanlagen unter einer 8—12 dm mächtigen Sandlage sandiger Lehm und sandiger Mergel, Glieder des unteren Diluvialmergels, aufgefunden wurden.

Bei Breddin und in der nordöstlichen Ecke des Blattes liegt der *obere Diluvialmergel* („Oberer Geschiebemergel") an der Oberfläche, bezeichnet durch hellgelbe Grundfarbe mit dunkelgelber, enger, schräger Schraffierung von rechts nach links (s. Farbenbezeichnung ③ Tafel II) und die Buchstaben ∂m. Nach den agronomischen Eintragungen in die Karte und dem Profil ② Tafel II besteht er in seiner oberen (Verwitterungs-) Schicht aus lehmigem oder schwach lehmigem Sand (3—13 dm), der nach unten in sandigen Lehm und stellenweise weiter in sandigen Mergel übergeht. An manchen Stellen, kenntlich gemacht durch die gleiche Grundfarbe mit dunkelgelber, weiter Schraffierung und das Zeichen $\frac{\partial m}{ds}$, findet sich der Mergel nur noch in einzelnen Überresten, und die Hauptmasse besteht dann nur noch aus Lehm und lehmigem Sand, der unmittelbar auf dem unteren Diluvialsande aufliegt (s. Profil ③ Tafel II und Bez. ① daselbst, auf dem unteren Kartenrand), oder die Verwitterung ist noch weiter vorgeschritten, der Kalk völlig, der Lehm zum gröfsten Teil fortgespült, sodafs von dem ursprünglichen Geschiebemergel nur noch lehmiger und schwach lehmiger Sand zurückgeblieben sind. Die betreffenden Flächen sind mit hellgrauer Grundfarbe, dunkler, weiter, schräger Schraffierung und mit eingestreuten, dunkelgrauen Punkten, sowie mit dem Zeichen ∂ds versehen (s. auch ② Tafel II, unterer Kartenrand). Auch hier weisen zwei mit dem Gepräge des unteren Diluvialmergels eingetragene Bohrlochkreise (unter dem Wort Breddin) darauf hin, dafs Handbohrungen noch den unteren Geschiebemergel erreichten. Aus den agronomischen Zeichen erkennt man, dafs die oberste Schicht dieses Bodens aus lehmigem oder schwach lehmigem Sand (3—13 dm), im Gemenge mit Steinen

(worauf die Kreuzchen hindeuten), die tiefere aus Sand oder Grand (G) besteht. In der nordwestlichen Ecke des Blattes befindet sich eine kleine, dem Alluvium angehörige Fläche (weifse Grundfarbe), die von einem jüngeren Gliede des Diluviums, dem *Talsand,* eingeschlossen wird. Letzterer wird durch hellgrüne Grundfarbe bezeichnet. Die eingestreuten Punkte zeigen an, dafs es sich um Sand *hochgelegener* Becken und Rinnen handelt, um den am Schlufs der Diluvialzeit von den Höhen herabgeschwemmten und in den von den Schmelzwässern ausgehöhlten Vertiefungen abgesetzten Sand. Nach der Farbenbezeichnung ④ Tafel II besteht der Alluvialboden aus reinem oder schwach humosem, meist trockenem Sand mit durchlässigem Sanduntergrund.

Gröfseren Umfang nimmt in der dargestellten Gegend die jüngste Diluvialbildung, der von den Schmelzwässern der Gletscher der letzten Eiszeit in die *Niederungen* geführte und hier zum Absatz gekommene *Talsand* ein (blafsgrüne Grundfarbe mit eingestreuten dunkelgrünen Punkten, ∂as), wie er in der südwestlichen Ecke des Kartenblattes auf gröfserer Fläche zu Tage liegt und sich von hier in einem schmalen Streifen als „Vorterrasse" der Diluvialgebilde in nordöstlicher Richtung über das ganze Blatt hinwegzieht, auch in kleinen Inseln aus dem Alluvium hervorragt). Nach der Farbenbezeichnung ⑤ Tafel II und dem in die Karte eingetragenen agronomischen Zeichen besteht der Boden an der Oberfläche aus reinem oder schwach humosem Sand, mit durchlässigem Sanduntergrund und meist nicht tiefem Grundwasserstand.

Der südöstliche Teil der Karte, der ausschliefslich aus *Alluvialboden* besteht, ist leicht zu verstehen. Überall liegt, wie die einfache oder doppelte Strichelung andeutet, an der Oberfläche entweder Moorerde (ah) oder Torf[1]) (at), s. d. Farbenbezeichnung ⑥ und ⑦ Tafel II; beide werden unterlagert von schlickhaltigem Sand $\frac{\text{asl}}{\text{as}}$ (s. d. Bezeichnung ③ Tafel II am unteren Rande der Karte). Letzterer bildet das vermittelnde Glied zwischen dem Talsand des oberen Diluviums und dem Schlick des Alluviums. Wie die agronomischen Eintragungen in die Karte und das Profil ④ Tafel II erkennen lassen, liegen hier unter einer 2—5 dm starken Schicht von sandigem Humus Ton oder humoser Ton, darunter bisweilen wieder reiner oder tonhaltiger Humus (H—TH), in gröfsern Tiefen Sand.

---

[1]) Als „Moorerde" werden die unter dem Einflufs gröfserer Entwässerung und Durchlüftung bereits stärker zersetzten, als „Torf" die bei mangelndem Zutritt des Luftsauerstoffs noch wenig zersetzten, faserigen, sperrigen, pflanzlichen Bodenbildungen angesehen. Torf findet sich auf der Karte nur auf einer kleinen Fläche nordöstlich von dem blau schraffierten, zur Kolonie Sophiendorf gehörigen Gebiet.



Die blaue, schräge, unterbrochene Schraffierung auf einem grofsen Teil der Alluvialfläche deutet das Vorhandensein von Moormergel (§ 33, 5 d) akh (s. Farbenbezeichnung ⑧ Tafel II) an. Die geognostische Bezeichnung $\dfrac{(k\,h)}{\dfrac{(s\,l)}{\dfrac{(k)}{s}}}$ in der Karte und am unteren Kartenrand Tafel II ④ (das Formationszeichen a ist fortgelassen) mit ihren eingeklammerten Buchstaben zeigt an, dafs auf der betreffenden Fläche der Mergel in der oberen Schicht sich nur *nesterweise* vorfindet, dafs ebenso in den tiefern Schichten Schlick und Wiesenkalk *nesterweise,* Sand überall angetroffen wird. Die agronomischen Zeichen sind namentlich mit Hilfe des Profils ⑤ Tafel II leicht verständlich.

§ 72. *Die Vorteile,* die bei eingehendem Studium die geognostisch-agronomischen Karten dem Landwirt, Forstwirt und dem Kulturtechniker gewähren können, sind zahlreich. Sie geben schnell einen Überblick über die Bodenbeschaffenheit eines gröfseren Gebietes und lassen unschwer die räumliche Ausdehnung des besseren und geringeren Bodens in der dargestellten Landschaft erkennen.

Aus den Karten läfst sich unmittelbar die Antwort auf die für die Begrenzung der Ackerschläge einer Wirtschaft hochwichtige Frage ablesen, ob verschiedenartige und verschiedene land- und forstwirtschaftliche Behandlung beanspruchende Bodenarten auf verhältnismäfsig kleiner Fläche wechseln, oder ob grofse zusammenhängende Flächen gleichartigen Bodens eine grofse Ausdehnung des einzelnen Schlages gestatten. Der Aufschlufs, den sie in gebirgigen Gegenden für die Flach- oder Tiefgründigkeit des Bodens geben, ist ausschlaggebend für die Wahl der anzubauenden Früchte und Holzarten. Ihre und die in den Erläuterungen beigegebenen Angaben über die Beschaffenheit der oberen, wie der tieferen, für die Pflanzen noch erreichbaren Schichten lassen von vornherein die wichtigsten Schlüsse zu, nicht nur hinsichtlich des vorhandenen Vorrats an Pflanzennährstoffen, sondern auch für die gleichfalls bei der Fruchtwahl sehr zu berücksichtigenden Wasserverhältnisse. Letztere werden in erster Linie durch die Lage und die petrographische Beschaffenheit der Untergrundschichten bedingt. So unterscheidet die Karte (s. Tafel I und II) zwischen Talsand im Haupttal und Talsand in der Hochfläche. Der erstere ist meist feucht, der letztere meist trocken. Das in der Mark sehr häufige Profil ① (Tafel II): — in der Oberfläche lehmiger Sand, worauf Lehm und dann Lehmmergel folgt — stellt eine starke Wasserhaltigkeit des Bodens in Aussicht. Sehr oft aber findet sich zwischen dem lehmigen Sand und dem Lehm eine mehr oder weniger mächtige, dann ebenfalls aus der Karte ersichtliche Sandschicht

eingelagert, wodurch die wasserhaltende Kraft des Bodens natürlich in hohem Grade vermindert wird.[1]) Dahin gehört auch, dafs der Sand des *Alluviums* entsprechend seiner Lage in der Niederung allermeist mehr natürliche Frische besitzt, als der im übrigen ihm ähnliche *Diluvial*sand (Berendt). Auch nach anderer Richtung kann die geognostische Unterscheidung von Wichtigkeit sein. So weist Berendt darauf hin, dafs die Sande des oberen und des unteren Diluviums *petrographisch* zwar fast gleich sind, *pedographisch* aber eine verschiedene Bedeutung besitzen, insofern als der *obere* Diluvialsand meist in verhältnismäfsig *geringer* Mächtigkeit dem Lehm des oberen Diluviums aufliegt, der *untere* aber gewöhnlich sehr mächtig ist, sodafs die darunter liegenden wertvolleren Schichten keine Wirkung auf den Pflanzenwuchs ausüben können.

Endlich braucht nur noch hervorgehoben zu werden, dafs die Karten auch davon Kunde geben, ob Kalk, Mergel, Kleiboden und andere Meliorationsmittel für den Boden im Untergrunde oder in erreichbarer Nähe vorhanden sind.

---

[1]) Die Bedeutung der durch die Karte dargestellten Bodenbeschaffenheit für die Gestaltung des Wasserhaushalts geht sehr anschaulich aus folgendem, den „Grundlagen des Ackerbaus“ von Hellriegel entnommenen Beispiel hervor. Von zwei Böden bestand der eine (A) in der für die Pflanzen noch erreichbaren Tiefe aus reinem Sand, der andere (B) in seinen oberen 30 cm aus lehmigem, mit Humus gemischtem Sande, in den folgenden 33 cm aus lehmigem Sand, darauf folgte reiner Sand. In beiden Böden vermochten die Pflanzenwurzeln bis auf eine Tiefe von 80 cm einzudringen. Beide Bodenarten mögen mit reichlicher Winterfeuchtigkeit getränkt zu Beginn der Vegetation noch bis zu 80 % ihrer Wasserkapazität (s. u. § 78) an Feuchtigkeit enthalten. Sie können dann, wie wir unten sehen werden (§ 84), noch 80 — 30, d. i. 50 % ihrer Wasserkapazität den Pflanzen zur Verfügung stellen. Nach den vorgenommenen Untersuchungen betrug das verfügbare Wasser für 1 ha bis zur Tiefe von 80 cm berechnet:

auf dem Boden A rund 1 164 000 kg (entsprechend 116,4 mm Regen),
„ „ „ B „ 418 000 „ „ 41,8 „ „ !

Kapitel IV.

Die Eigenschaften des Bodens und ihre Beeinflussung durch menschliches Eingreifen.

Nach der Begriffsbestimmung des Bodens (s. die Einleitung) soll er den Kulturpflanzen einen zusagenden Stand und die mineralischen Stoffe bieten, deren sie zu ihrer Ernährung bedürfen. Der Kulturwert eines Bodens wird also durch seinen Gehalt an Pflanzennährstoffen und durch das stärkere oder schwächere Vorhandensein gewisser Eigenschaften bedingt, die den Pflanzen erst die Nährstoffaufnahme und das Wachstum ermöglichen. Als „physikalische“ Eigenschaften lassen sie sich kurz bezeichnen.

A. Die physikalischen Bodeneigenschaften.

§ 78.

Allgemeines. Auch der an Nährstoffen reichste Boden sichert den Pflanzen kein freudiges Gedeihen, wenn er nicht zugleich andere für das Pflanzenwachstum notwendige Bedingungen erfüllt. Um der Pflanze einen genügend *festen Stand* zu gewähren, mufs er so tiefgründig und locker sein, dafs die Pflanzenwurzeln bis zu einer gewissen Tiefe eindringen und sich verbreiten können; zugleich ist ein gewisser Zusammenhang der Bodenteilchen nötig, um ihr Fortwehen und das Umfallen der Pflanzen zu verhindern. Dabei darf der Zusammenhang der Bodenteilchen nicht so dicht sein, dafs er die *Durchlüftung* des Bodens, das Eindringen der atmosphärischen Luft und das Austreten pflanzenschädlicher Bestandteile der Bodenluft stört. Die Bodenbeschaffenheit mufs ferner der Bewegung des *Bodenwassers* nach oben, nach unten und nach den Seiten günstig sein, ohne ein zu schnelles Abfliefsen nach der Tiefe oder den Seiten hin hervorzurufen. Sie mufs endlich eine *Erwärmung* des Bodens auf ein für das Pflanzenwachstum günstiges Mafs ermöglichen. Alle diese Eigenschaften werden nur zum kleineren Teil durch die chemische Zusammensetzung der Bodengemengteile, in weit höherem Grade durch deren mechanische Beschaffenheit und das Mengenverhältnis beeinflufst, in dem sie zu einander stehen.



§ 74.

Die festen Gemengteile des Bodens. Sieht man vom Bodenwasser und der Bodenluft ab, so kann man den Boden als ein mechanisches Gemenge von *grandigen, sandigen, tonhaltigen* und *organischen* Stoffen[1]) betrachten, die man gewöhnlich als „Bodenkonstituenten“ bezeichnet. *Grand* und *Sand* nennt man die gröberen Gemengteile, die in Wasser schnell zu Boden sinken und meist überwiegend aus Kieselerde (Quarz) bestehen, aber häufig auch zahlreiche, weniger oder mehr zersetzte Gesteins- und Mineraltrümmer, wie Granit, Kalkstein, Kreide, Feldspat, Glimmer u. a. enthalten und so über den Ursprung, das geologische Alter, die geognostische Zugehörigkeit[2]) des Bodens Auskunft geben. Die Teile mit mehr als 2 mm Korngröſse rechnet man zum Grand, die kleineren, aber noch mehr als 0,05 mm Korngröſse besitzenden zum Sand. Die letzteren teilt man in Unterabteilungen von

2—1 mm, 1—0,5 mm, 0,5—0,2 mm, 0,2—0,1 mm, 0,1—0,05 mm

Korngröſse. Unter *tonhaltigen* Stoffen werden die feinkörnigsten Bodengemengteile verstanden, die in Wasser sich lange schwebend erhalten und dadurch von den grobkörnigen Teilen leicht „abgeschlämmt“ werden können. Die tonhaltigen Stoffe (auch „Rohton“) bestehen der Hauptsache nach aus den letzten Verwitterungsprodukten der Mineralien, nämlich aus Ton und feinzerriebenem Quarz (Quarzmehl), enthalten aber fast immer noch gröſsere oder geringere Beimengungen von Eisenoxyd und von weniger verwitterten Mineralien, namentlich von wasserhaltigen Silikaten (Zeolithen), also von den Stoffen, die für das Absorptionsvermögen der Böden von hervorragendem Einfluſs sind (s. u.). Man trennt bei den Untersuchungen der Geologischen Landesanstalt die tonhaltigen Teile noch weiter in ‚Staub‘ mit einer Korngröſse von 0,05—0,01 mm und in ‚Feinstes‘ unter 0,01 mm Korngröſse. Die *humosen Stoffe* bestehen hauptsächlich aus pflanzlichen Resten in den verschiedensten Zersetzungsstadien (§ 53). Der Gehalt eines Bodens an humosen Stoffen entspricht etwa dem Gewichtsverlust, den völlig trockener Boden beim Glühen erleidet. Zur Ermittelung des Gehalts an sandigen und tonhaltigen Gemengteilen dient:

§ 75. *Die mechanische Bodenanalyse.* Durch Siebe von verschiedener Lochweite werden zunächst die grobkörnigeren Bestandteile von den feinkörnigeren abgetrennt. Die gröberen Bodenpartikel werden

---

[1]) Auch den der Hauptsache nach aus pflanzlichen Stoffen bestehenden Moorböden sind fast ausnahmslos sandige und tonhaltige Stoffe infolge von Überwehungen oder Überschwemmungen beigemengt.

[2]) So wird man z. B. den Sandboden des norddeutschen Flachlandes bei Anwesenheit nordischer Gesteinstrümmer ohne weiteres der Quartärformation, bei ihrer Abwesenheit hingegen einer älteren Formation zurechnen dürfen.

wohl als das „Skelett“ des Bodens, die feinkörnigeren Bodenteile als „Feinerde“[1]) bezeichnet. Das Bodenskelett kann man wieder, je nach der Gröfse seiner Bestandteile, in „Gröbere Steine“, „Kies“, „Grobsand“ einteilen. Soweit die Siebe zur weiteren Zerlegung der feinkörnigeren Bodenbestandteile nicht mehr ausreichen, bedient man sich der *Schlämmanalyse.* In Nachahmung der Naturvorgänge, die eine Scheidung der durch das Wasser verschwemmten Gesteinstrümmer je nach ihrer Gröfse, ihrer Form und ihrem spezifischen Gewicht herbeiführen (§ 37), benutzt man zur Scheidung der sandigen und tonhaltigen Stoffe das Wasser. In *stehendem Wasser* senken sich die darin verteilten Bodenteilchen um so schneller zu Boden, je gröber sie sind. Durch einen *aufsteigenden Wasserstrom* werden die kleineren Teilchen leichter gehoben als die schwereren. Man kann daher das ruhige wie das bewegte Wasser zu einer mechanischen Zerlegung des Bodens in feinere und gröbere Partikel verwenden.[2]) Namentlich mittels des letzteren gelingt es, mit grofser Sicher-

---

[1]) Hinsichtlich der Bezeichnung der Bodenteile von verschiedener Korngröfse herrscht bis jetzt keine Einmütigkeit, und namentlich wird der Ausdruck „Feinerde“ bald für die Bodenteilchen gebraucht, die ein 0,25 mm Sieb, bald für solche, die ein 2 oder 3 mm Sieb passieren. Am zweckmäfsigsten dürfte es sein, ihn und die übrigen in § 75 aufgeführten Bezeichnungen fallen zu lassen und allgemein die von der Preufsischen Geologischen Landesanstalt bei ihrem grofsartigen Kartierungswerk benutzten (§ 69 ff.), im § 74 mitgeteilten Unterscheidungen einzuführen.

[2]) Zur Ausführung der Schlämmanalyse in stehendem Wasser dienen „Schlämmzylinder“ (nach Knop, J. Kühn u. a.) oder „Schlämmflaschen“ (nach v. Bennigsen-Förder), aus denen man entweder die nach einer bestimmten Zeit noch im Wasser schwebenden Bodenteilchen von den sich absetzenden gröberen Teilen abgiefst, oder in denen man, nach längerem Stehenlassen, die Schichten mifst, worin die verschiedenen Bodenpartikel je nach ihrer Korngröfse sich abgesetzt haben. Auf dem andern Prinzip (bewegtes Wasser) beruht u. a. der auch seitens der Königl. Preufsischen Geologischen Landesanstalt benutzte Schöne'sche Schlämmapparat, mittels dessen man die bei verschiedener Stromgeschwindigkeit aufgeschlämmten Bodenpartikel getrennt aufsammelt. (Je geringer die Wassergeschwindigkeit, um so kleiner sind die Bodenteilchen, die dadurch aufgeschlämmt werden.) — Die Schlämmgeschwindigkeit der im Wasser schwebenden Stoffe hängt nicht blofs von ihrer Korngröfse, sondern auch von ihrem spezifischen Gewicht und ihrer Form ab. Es besitzen daher die bei derselben Stromgeschwindigkeit schwebend gehaltenen Bodenteilchen, d. h. Bodenteilchen „von gleichem hydraulischen Wert“, bei verschiedenem Gewicht und bei verschiedener Form auch verschiedene Korngröfse. Bei den Angaben des Schöne-schen Schlämmapparates versteht man unter „Schlämmprodukten von dieser oder jener Korngröfse“ solche Körner, die runden Quarzkörnern desselben Durchmessers hydraulisch gleichwertig sind.

heit in Bodenproben die vorhandenen Mengen von tonhaltigen und feiner- und gröbersandigen Bestandteilen zu ermitteln. Ihre Art und Gröfse, sowie die Menge und Beschaffenheit der gleichfalls leicht zu bestimmenden Humusstoffe sind von gröfstem Einflufs auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens, zunächst auf seine *Lagerungsverhältnisse*.

§ 76. *Lagerung, Struktur, Kohärenz.* Die Lagerungsweise der einzelnen Bodenteilchen („Bodenelemente"), m. a. W. die „Struktur" oder das Gefüge des Bodens ist verschieden, je nachdem die *einzelnen* Partikel gleich wenig oder gleich fest aneinander gebunden sind („Einzelkornstruktur"), oder immer eine kleinere oder gröfsere Anzahl von Bodenteilchen sich untereinander zu kleinen Haufwerken (Krümeln, Flocken) fester miteinander *verbunden* hat (Krümelstruktur). Sandboden wie Tonboden können Einzelkornstruktur aufweisen. Im ersteren liegen die einzelnen Sandkörner (wenn sie trocken sind) lose, ohne jeden Zusammenhang, nebeneinander, im letzteren halten sich die Tonteilchen mit einer beträchtlichen Anziehungskraft aneinander gefesselt, die der mechanischen Trennung einen Widerstand entgegensetzt[1]) und die man „Kohärenz" nennt. Bei beiden Bodenarten kann die Einzelkornstruktur in Krümelstruktur übergehen; bei der ersteren, wenn die Bodenelemente durch bindende Stoffe (Ton, Kieselsäure, Humus, Kalk u. a.) zu Krümchen verkittet werden, bei den letzteren dadurch, dafs auf irgend eine Weise der gleichmäfsige Zusammenhang der Masse gelockert und die Bildung einzelner in sich fester gefügter, aber lose *nebeneinander* liegender Bodenteilchengruppen herbeigeführt wird. Hierdurch wird also die Kohärenz oder „Bindigkeit" des Sandbodens *vermehrt*, die des Tonbodens *vermindert*. Die Überführung der Einzelkorn- in die Krümelstruktur ist für die landwirtschaftliche Verwertung des Bodens von hoher Bedeutung; dafs sie seine Luft- und Wasserverhältnisse günstiger gestaltet, wird weiter unten erörtert werden. Ein Boden mit Krümelstruktur erleichtert das Eindringen der Pflanzenwurzeln und die Bearbeitung mit landwirtschaftlichen Werkzeugen. Sie verhindert ferner die Krustenbildung und das Rissigwerden der tonreichen Böden (s. unter Volumveränderungen, § 79). Auf die Krümelbildung wirken namentlich die folgenden Umstände ein. Wie früher bereits mitgeteilt wurde (§§ 16, 37), haben gewisse Stoffe, wie *Calciumsalze, Magnesium-*

---

[1]) Je nach der Zähigkeit, mit der die einzelnen Bodenteilchen aneinander haften, und die allermeist auch in der Zähigkeit ihres Anhaftens an Holz und Eisen sich ausspricht, unterscheidet der Landwirt zwischen „schweren" oder „strengen" (d. h. schwer zu bearbeitenden) und „leichten" (leicht zu bearbeitenden) Böden, wobei allerdings an die Bezeichnung „schwer" zugleich die Annahme eines gröfseren, an die Bezeichnung „leicht" die eines geringeren Reichtums an Pflanzennährstoffen geknüpft wird.

salze und, wenn auch in geringerem Grade, *Kalium-* und *Natriumsalze* die Fähigkeit, den Ton zu Flockenbildung („Koagulierung“) zu veranlassen; eine ähnliche Wirkung scheint den *Humusstoffen* zuzukommen. Auf mechanischem Wege wird die Krümelung eines tonreichen Bodens durch die grabende und wühlende Tätigkeit der im Boden lebenden Tiere,[1]) sowie durch das Eindringen, die Verbreitung und das Wachstum der Pflanzenwurzeln und ferner durch eine verständige Bodenbearbeitung (s. u.) befördert. Auch das in den Boden eindringende und gefrierende Wasser kann infolge seiner Ausdehnung eine lebhafte Krümelbildung, allerdings auch die unliebsame Erscheinung hervorrufen, die man als *„Auffrieren“* des Bodens bezeichnet. Das Auffrieren des Bodens findet namentlich leicht auf stark humosen Bodenarten statt. Die Humusstoffe nehmen sehr viel Wasser auf (s. u.), das im Winter, zu Eis gefrierend, sich stark (um $^1/_{10}$ seines ursprünglichen Volums) ausdehnt und die festen Bodenteile emporhebt oder voneinander schiebt. Hierbei werden die zarten Wurzeln der im Boden stockenden Pflanzen zerrissen oder nach dem Auftauen des Eises freigelegt, und ein Absterben der Pflanzen ist die Folge („Auswintern“ des Getreides). Der Krümelbildung entgegen wirkt kräftig auffallendes Regenwasser, indem es die koagulierenden Salze auswäscht, die Krümel mechanisch zerstört, den Boden „verschlämmt“.

§ 77. *Wirkung menschlichen Eingreifens auf die Krümelstruktur. „Bodengare“.* Die mechanische Bearbeitung des Bodens mittels der landwirtschaftlichen Werkzeuge hat zum grofsen Teil den Zweck, die Krümelstruktur herbeizuführen. Er wird aber bei tonreichen Böden verfehlt, wenn diese während der Bearbeitung sehr nafs sind oder gleich nach der Bearbeitung viel Regen erhalten.[2]) In diesem Fall befördert die Bearbeitung nur die verschlämmende Kraft des Wassers. Von grofsem Einflufs ist die Zufuhr von Stoffen zu tonreichen Böden, die eine Flockung herbeiführen, also namentlich von *Kalk,* Kalkmergel und von *humosen* Substanzen, z. B. von Stalldünger, Moorerde. Auch die Vermischung ton-

[1]) Hierher ist namentlich auch die Arbeit der Regenwürmer zu rechnen, die nicht blofs durch die zahlreichen gegrabenen Gänge, sondern auch dadurch eine ausgezeichnete Krümelbildung veranlassen, dafs sie mit ihrer Nahrung grofse Mengen von mineralischen Bodenteilchen aufnehmen und mit ihren Exkrementen vermischt zurücklassen. Nach Darwin besteht die Ackerkrume hauptsächlich aus Regenwurmexkrementen. Auch für manche Wiesenböden (auch Moorwiesen) läfst sich diese Behauptung aufrecht erhalten.

[2]) Auch die tonreichen Böden, die vom Meerwasser überschwemmt waren und dadurch mit löslichen Salzen durchsetzt sind, dürfen nur mit gröfster Vorsicht mechanisch bearbeitet werden, solange die Entsalzung durch die atmosphärischen Niederschläge in Gang, und damit die Neigung zur Einzelstrukturbildung vorhanden ist (§ 16, am Schlufs).

reichen Bodens mit grobem *Sand* ist geeignet, seine Kohärenz abzuschwächen. In gleicher Richtung wirkt der Anbau von Pflanzen mit stark entwickeltem Wurzelsystem (Klee). In sandreichen Böden wird man durch Aufbringen von humus- und von tonhaltigen Stoffen (z. B. von Tonmergel) auf eine *Verstärkung* der Kohärenz, also gleichfalls auf die Krümelbildung günstig einwirken können.

Die Krümelstruktur bildet einen wesentlichen Teil jenes Zustandes des Kulturbodens, dessen Herstellung eine Hauptaufgabe der landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung ist und den man als *Bodengare* bezeichnet. Als äufsere Merkmale für einen „garen" Boden gelten folgende: Eine durchaus lockere, daher der Ansammlung übermäfsiger Bodennässe hinderliche, dabei elastische Beschaffenheit; die in völlig amorphen Humus umgewandelten Pflanzenreste durchsetzen ihn gleichmäfsig, färben ihn dunkel und befähigen ihn, auch in trockenen Zeiten sich feucht zu erhalten; endlich ein eigentümlicher Erdgeruch. Ein garer Boden verdankt diese Eigenschaften einer der Eigentümlichkeit der verschiedenen Bodenarten angepafsten, den Zutritt der Atmosphärilien (Luft und Feuchtigkeit) regelnden und die Wirkung der nützlichen Bodenbakterien und sonstigen Lebewesen (§§ 50, 76) fördernden Behandlung.

§ 78.

Das Verhalten des Bodens zum Wasser. *Kapillarität, Porosität, Quellungsvermögen, Wasserkapazität.* Ein sehr enges Röhrchen (Haarröhrchen), das aus einem von Wasser benetzbaren Stoff besteht, hat, in Wasser getaucht, die Fähigkeit, Wasser entgegen der Schwerkraft um so höher emporzuheben, je enger es ist, und jenes nach dem Herausheben aus der Flüssigkeit in einer gewissen Höhe festzuhalten, die gleichfalls von seinem lichten Durchmesser abhängig ist. Die Kraft, mit der das Wasser gehoben und festgehalten wird, nennt man *Kapillarität,* „Kapillarkraft", „Haarröhrchenkraft". Bei der engen Zusammenlagerung der einzelnen Teilchen, wie sie im Boden statt hat, sind die zwischen ihnen bleibenden Hohlräume zum Teil so klein, dafs sie ein weitverzweigtes Netz von verschieden gestalteten Kapillarröhren darstellen und den Boden befähigen, Wasser von unten aufzusaugen und sowohl dieses als das von oben eindringende festzuhalten. Die Gröfse der Kapillarkraft eines Bodens hängt von der Menge der kapillar wirkenden Zwischenräume, und diese von der Gröfse und Form der Bodenteilchen oder jener Teilchengruppen ab, die wir als Krümel bezeichnet haben (§ 76). Je kleiner die Bodenteilchen, um so gröfser ist im allgemeinen die Anzahl der Kapillarräume, um so gröfser das Aufsaugungsvermögen des Bodens. Bei sehr grobkörniger Bodenbeschaffenheit können die Zwischenräume so grofs werden, dafs sie nicht mehr kapillar wirken.

Bei Böden mit Einzelkornstruktur, deren Elemente aus *dichten*, massiven Stoffen bestehen, wird das Vermögen, Wasser aufzunehmen und festzuhalten, ausschliefslich durch die Kapillarität bestimmt. Sind dagegen die Bodenelemente *porös* oder bilden sie poröse Krümel, so nehmen auch die Poren um so mehr Wasser auf, je zahlreicher sie sind, und halten es mit um so gröfserer Energie fest, je geringer ihr Durchmesser. Die aufgenommenen und festgehaltenen Wassermengen nehmen noch erheblich zu, wenn die Poren ausdehnungsfähig sind. Gewisse Stoffe, die man als *„quellungsfähige"* Körper bezeichnet, sind imstande, besonders grofse Wassermengen einzusaugen, indem sie, infolge der Wasseraufnahme, etwa in gleicher Weise wie mit heifsem Wasser begossene Stärkekörner, unter Vergröfserung ihrer Poren und ihres ganzen Volums „aufquellen". Hierzu gehören namentlich die *humosen* Stoffe. Eine weniger ihrer Natur als ihrer Wirkung nach ähnliche Eigenschaft besitzen manche unorganische Stoffe. In hervorragendem Grade der Ton,[1]) die aus ihren Verbindungen gallertartig abgeschiedene Kieselsäure („Colloidale" Kieselsäure, § 12) und in etwas geringerem Grade der Wiesenkalk (§ 33, 4). Bei Wasserverlust schwinden diese Stoffe wieder zusammen und werden hart (vergl. S. 95 Anm. 1 u. 2), ein Vorgang, der bei den humosen Substanzen wahrscheinlich mit einer chemischen Veränderung verbunden ist.[2]) Die Summe der Wirkungen, die Kapillarität, Porosität und Quellungsvermögen auf den Wassergehalt des Bodens ausüben, fassen wir zusammen unter der Bezeichnung *Wasserkapazität* („wasserhaltende Kraft") des Bodens.

Ein Boden, der so *flachgründig* ist, dafs nach seiner Befeuchtung die vorhandenen Kapillarräume sich ganz mit Wasser gefüllt erhalten können, wird von dem in ihn eindringenden Wasser so viel festzuhalten vermögen, als seinen Poren, dem Quellungsvermögen der vorhandenen quellungsfähigen Stoffe und den vorhandenen Kapillarhohlräumen entspricht. Sobald dagegen die Mächtigkeit des Bodens die Höhe überschreitet, bis zu der die vorhandenen Kapillarräume das Wasser heben können, wird die Wasserkapazität der oberen Schichten in demselben Mafse abnehmen, wie die Kapillarräume die Fähigkeit verlieren, das Wasser schwebend zu erhalten. Gleiche Unterschiede werden bei *tiefgründigen* Böden eintreten, wenn das

---

[1]) Bei den humosen Stoffen ist das Quellungsvermögen begrenzt, die Wasseraufnahme nie so grofs, dafs dadurch der Zusammenhang der festen Teilchen völlig gelockert würde. Bei den mineralischen quellungsfähigen Substanzen wird, wenn die Wasseraufnahme den Punkt überschreitet, bei dem die Plastizität (§ 16) des Körpers ihr Ende erreicht hat, durch weitere Wasserzufuhr ein Auseinanderfallen der Teilchen herbeigeführt.

[2]) So wurde durch die Moor-Versuchs-Station nachgewiesen, dafs beim Austrocknen von Moorboden dessen Stickstoff- und Phosphorsäuregehalt in erheblichem Mafse leichter löslich wird.

Grundwasser in dem einen Fall sehr nahe, in dem anderen sehr tief unter der Oberfläche ansteht. Im ersteren können sich die Kapillaren bis oben hin, im anderen nur bis zu einer gewissen Grenze unter der Oberfläche mit Wasser gefüllt erhalten. Die vom flachgründigen und von dem nur wenig über das Grundwasser hinausragenden Boden festgehaltenen Wassermengen stellen die *„volle"* oder *„gröſste" Wasserkapazität* eines Bodens dar, während man unter *„kleinster"* oder *„absoluter"* Wasserkapazität die Wassermengen versteht, die in den oberen, nicht mehr oder doch in weit geringerem Grade[1]) durch die Kapillarität gespeisten Schichten eines tiefgründigen, weit über den Grundwasserstand hinausragenden Bodens zurückgehalten werden. Die „absolute" Wasserkapazität ist natürlich in allen Fällen, wo nicht sehr flachgründige oder tief im Grundwasser stehende Böden in Frage kommen, kleiner als die „volle", und ferner ergibt sich aus dem vorstehenden der Satz: Bei tiefgründigem Boden mit tiefem Grundwasserstand ist die Wasserkapazität der tieferen Schichten gröſser als die der oberen.

Von den die Wasserkapazität des Bodens beeinflussenden Faktoren üben die *Porosität* und die *Quellungsfähigkeit* bei weitem die gröſste Wirkung aus, und es ist daher die Wasserkapazität eines Bodens im allgemeinen um so gröſser, je reicher er an Ton und an Humusstoffen ist. Die folgenden Zahlen mögen zum Beleg dienen. Es wurde gefunden bei:

	Quarzsand (Korngröſse 0,3—0,9 mm)	Tonstein	Niederungsmoor
die volle Wasserkapazität zu	49,0	46,8	ca. 80 Volumprozent[2])
die absolute Wasserkapazität zu	13,7	24,5	ca. 60 „ .

§ 79. *Einwirkung des Wassergehaltes des Bodens auf dessen Volumverhältnisse.* Bei der Aufnahme von Wasser erleiden die quellungsfähigen Bodenbestandteile (Humus, Ton, Wiesenkalk) eine Vergröſserung, bei Wasserverlust eine entsprechende Verminderung ihres Volums. Bei humus- und tonreichen Böden kann die Veränderung sehr groſs sein, während sie bei sandreichen Böden sehr zurücktritt. Reiner Sandboden

---

[1]) Es läſst sich denken, daſs bei tiefgründigen Böden mit niedrigem Grundwasserstande die mit Wasser erfüllten Poren, namentlich der quellungsfähigen Substanzen, für die Kapillarräume der oberen Schichten Wasserreservoire bilden, die jene speisen und ihren Wasservorrat durch die Kapillaren der tieferen Schichten wieder ergänzen.

[2]) Häufig wird die Wasserkapazität in *Gewichts*prozenten ausgedrückt. Namentlich im Interesse des Vergleichs der mineralischen mit den Humusböden, die ein sehr verschiedenes spezifisches Gewicht besitzen, empfiehlt es sich, den Wassergehalt auf das Boden*volum* zu beziehen.

veränderte beim Austrocknen sein Volum garnicht, dagegen schwand beim Verlust sämtlichen Wassers das Volum eines mit Wasser vollgesogenen

	Tonbodens[1])	älteren Moostorfs	jüngeren Moostorfs
im Verhältnis von	1 : 0,50	1 : 0,17	1 : 0,48.

Bei *völligem* Austrocknen verminderte sich mithin das Volum des Tonbodens und des jüngeren Moostorf-Bodens auf die Hälfte, des älteren Moostorf-Bodens auf ein Fünftel des ursprünglichen Volums. Der Moorboden verdichtet sich um so stärker, je stärker desorganisiert die moorbildenden Pflanzenteile sind, je weiter die Vertorfung (§§ 54, 56) vorgeschritten ist. Wenn auch so starke Volumveränderungen, wie sie die vorstehenden Zahlen andeuten, in der Praxis nicht vorkommen, weil die in Frage kommenden Böden selbst bei starkem Austrocknen unter natürlichen Verhältnissen immer noch grofse Wassermengen enthalten, so ist doch zu berücksichtigen, dafs die Kontraktion in den ersten Stadien des Trocknens am stärksten sein wird.[2]) Das Schwinden infolge Wasserverlustes macht sich bei Ton- und Moorböden durch die Entstehung von Rissen in der Oberfläche bemerklich, wenn das Austrocknen unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen oder künstlichen Wasserentzuges sehr schnell erfolgt.[3])

§ 80.

Die Bewegung des Bodenwassers. *Das Eindringen des Wassers in den Boden. Durchlässigkeit.* Das in den atmosphärischen Niederschlägen auffallende oder von höheren Stellen auf die Bodenoberfläche auffliefsende Wasser dringt in die letztere ein und sinkt, dem Gesetze der Schwere folgend, in die Tiefe, soweit es nicht durch die vorhandenen Kapillaren, Poren und quellungsfähigen Stoffe zurückgehalten wird. Das Vermögen des Bodens, das eintretende Wasser weiter zu leiten, bezeichnet man als seine *Durchlässigkeit.* Sie ist um so gröfser, je weiter die Zwischenräume zwischen den einzelnen Bodenpartikeln sind, je weniger nur langsam mit Wasser sich erfüllende Kapillaren, Poren und

---

[1]) Seemarschboden nach Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station.

[2]) Auf den Verlust von 1 g Wasser kam beim Austrocknen des Tonbodens

	von 54,4 % auf 52,0 %,	von 52,0 % auf 46,7 % Wassergehalt
ein Volumverlust von	1,08 ccm	0,73 ccm
	von 46,7 % auf 3,0 %,	von 3,0 % auf 1,3 % Wassergehalt
ein Volumverlust von	0,61 ccm	0,24 ccm.

[3]) Bei der Ausführung von Gräben und Kanälen im Moor können die Anlagen durch Losreifsen grofser „Moorbänke“ unmittelbar an den Einschnitten auf das erheblichste geschädigt werden, wenn nicht durch geeignete Mafsnahmen dafür gesorgt wird, dafs das Bodenwasser nur *sehr langsam* aus dem Moor austritt.

quellungsfähige Stoffe dem Eindringen des Wassers in den Weg treten Grobkörnigkeit der Bodenpartikel, Krümelung und mechanische Auflockerung erhöhen die Durchlässigkeit. In gleicher Richtung wirkt das Eindringen von Tieren und von Pflanzenwurzeln in den Boden (Aufschliefsen des Bodens durch tiefwurzelnde Pflanzen! — s. auch § 85). Ganz oder fast undurchlässig für Wasser kann der Boden werden, wenn seine Partikel sehr klein sind, und besonders, wenn sie ausschliefslich aus quellungsfähigen Stoffen bestehen oder durch irgend ein Bindemittel zu einer steinartigen Masse erhärtet sind, wie z. B. beim Ortstein, Raseneisenstein (§ 33, 2). Sehr feinkörnige, mehlige Sande, noch mehr Wiesenkalk und plastischer Ton und dichtgelagerte Moor- und Schlammböden werden, wenn sie einmal mit Wasser erfüllt sind, fast undurchlässig für Wasser. Selbst sehr dünne Lagen derartiger Stoffe innerhalb der Bodenschichten können das Durchfliefsen, sowie den kapillaren Aufstieg des Wassers völlig verhindern[1]) und so Wasseransammlungen im Boden veranlassen, die dessen natürliche Wasserkapazität weit übersteigen.

Das Hindernis, das sehr feinkörnige Böden dem Eindringen des Wassers bieten, wird noch bedeutend erhöht, wenn die Bodenpartikel an ihrer Oberfläche völlig abgetrocknet sind. Über einem stark ausgetrockneten, feinkörnigen Boden können sich (etwa wie auf einem mit Öl getränkten, engmaschigen Gewebe) grofse Wassermengen ansammeln, ohne in die Tiefe zu fliefsen.[2]) Diese eigentümliche Erscheinung ist zu einem Teil auf den *Widerstand* zurückzuführen, den die trockenen Bodenpartikel,

---

[1]) Fast undurchlässige, für den Pflanzenwuchs verhängnisvolle Schichten bilden sich namentlich leicht, wenn dichte, massive Bodenbestandteile (z. B. Sandkörner) mit quellungsfähigen Stoffen zusammenkommen. So bei der Rimpau'schen *Moordammkultur*, bei der unter dem Druck der Sanddecke und der Bestellungs- und Erntegeräte die unterste Sandlage mit den obersten Moorerdeteilchen zu einer äufserst dichten Schicht sich zusammenlagern kann.

Bei derselben Kulturmethode entsteht bisweilen zwischen dem Moor und der Sanddecke auch dadurch eine undurchlässige Schicht, dafs die aus dem Moor austretenden Eisensalze (Eisenoxydulkarbonat) bei ihrer Oxydation die Sandkörnchen zu einer harten Masse verkitten.

Die Schwerdurchlässigkeit der Moorböden macht sich namentlich dadurch bemerkbar, dafs die Entwässerungsgräben nur auf sehr kurze Entfernung wirken, und dafs fast unmittelbar neben tief in das Moor eingeschnittenen Torfstichen der Wasserspiegel oft nur wenige Decimeter unter die Mooroberfläche gesenkt ist.

[2]) Die Erscheinung ist namentlich nach heftigen Platzregen auf staubig trocknen Wegen und Äckern zu beobachten. Die grofsen, in kurzer Zeit auffallenden Wassermengen fliefsen oberflächlich ab, ohne dem Boden zu gute zu kommen, während weit geringere Regenmengen, die sich über einen *längeren* Zeitraum verteilen und so Zeit gewinnen, den „Benetzungswiderstand" zu überwinden, ganz in den Boden eindringen können.

namentlich ausgetrocknete humose Stoffe, ihrer *Benetzung* mit Wasser entgegensetzen, zu einem anderen Teil beruht sie wahrscheinlich auf dem Widerstand, den die in die Kapillarräume eingedrungene Luft dem Eintreten des Wassers leistet. Erst nach Überwindung beider Widerstände vermag das Wasser in die freien Zwischenräume des Bodens einzusickern.

§ 81. *Der kapillare Aufstieg des Bodenwassers.* Die Tätigkeit der Kapillarhohlräume des Bodens wirkt auf den Ausgleich des Wassergehaltes der tieferen wasserreicheren und der oberen wasserärmeren Schichten hin. Nach den vorliegenden Untersuchungen scheint sie erst zu beginnen, wenn der Wassergehalt der tieferen Schichten die Hälfte ihrer Wasserkapazität übersteigt, und sie ist im allgemeinen um so lebhafter, je gröfser der Wassergehalt der letzteren.

Die *Schnelligkeit*, mit der die Wasseraufsaugung geschieht, und die *Höhe*, bis zu der das Wasser kapillar gehoben wird, pflegen in umgekehrtem Verhältnis zu einander zu stehen. Je weiter die vorhandenen Kapillarräume sind, um so *schneller*, aber um so *weniger hoch* steigt in ihnen das Wasser, je kleiner sie sind, um so mehr ist der Aufstieg verlangsamt, die Steighöhe vergröfsert. Man kann daher im allgemeinen sagen, dafs bei geringem Umfang und bei dichter Lagerung der Bodenpartikel das Wasser langsam, aber um so höher steigen wird. Beimengungen von gröberen Bodenpartikeln werden den Wasseraufstieg beschleunigen. In *grobkörnigem* Boden (z. B. in grobem Sand) erfolgt der Aufstieg schnell, aber nur bis zu geringer Höhe, Beimengungen von *feinkörnigen* Bodenbestandteilen (Ton, Kalkstaub) oder von humosen Stoffen verlangsamen die Geschwindigkeit, befördern aber die Höhe des Aufstiegs. Eine *Lockerung* des Bodens, durch die die Kapillarhohlräume zum Teil zerstört werden, setzt das Aufsteigen des Wassers herab, ein *Festwalzen* lockerer Böden vermehrt und verkleinert zugleich die vorhandenen Kapillaren, bewirkt also ein langsameres, aber um so höheres Aufsteigen des Wassers.

Dafs das Vorhandensein von Steinen den Aufstieg verlangsamen, das Vorhandensein von undurchlässigen Schichten (§ 80) ihn ganz unterbrechen mufs, liegt auf der Hand. Quellungsfähige Körper, auf die die Kapillarzüge stofsen, können die Hebung des Wassers erheblich verstärken, indem sie selbst dann noch die oberhalb belegenen Kapillarräume mit Wasser erfüllen, wenn das Kapillarvermögen der tieferen bereits erschöpft ist. Sie verlangsamen aber den Aufstieg, indem sie sich erst mit Wasser füllen müssen, bis dieses weiter nach oben dringen kann.

Starke Austrocknung der bodenbildenden Partikel ist dem kapillaren Aufstieg des Wassers eben so hinderlich, als seinem Einsinken durch kapillare Hohlräume in die Tiefe (§ 80).

§ 82. *Die Verdunstung des Bodenwassers.* Solange die über dem Boden befindliche atmosphärische Luft nicht mit Feuchtigkeit gesättigt ist, unterliegt das in der Oberflächenschicht[1]) vorhandene Bodenwasser der Verdunstung. Das hierbei abgängig werdende Wasser kann aus den tieferen Schichten nur durch die Wirkung der Kapillarkraft ersetzt werden. Die Gröfse der Verdunstung hängt also, abgesehen von dem relativen Feuchtigkeitsgehalt[2]) der Luft, ab von der *Temperatur des Bodens,* den an der Oberfläche vorhandenen *Wassermengen* und der *Schnelligkeit,* mit der das verdunstende Wasser *ersetzt* werden kann.

Von den auf die Bodentemperatur einwirkenden Faktoren wird erst später die Rede sein. Die an der Oberfläche vorhandene Wassermenge wird von der *Gröfse der Oberfläche* und von der *Wasserkapazität* des Bodens beeinflufst. Die erstere ist durchaus nicht konstant, sie kann durch kulturelle Mafsnahmen, durch Herstellung von Furchen und Hügeln erheblich vergröfsert werden.[3]) In gleicher Richtung wirkt auch der Pflanzenbestand, der die verdunstende Fläche vervielfacht. Dagegen wird die Verdunstung herabgesetzt durch Mafsregeln, die die verdunstende Fläche verkleinern, durch Bedecken des Bodens mit Steinen,[4]) grobem Sand und anderen Stoffen, die geringere Kapillarität besitzen als der Boden selbst (grobe Sägespäne, Gerberlohe u. dergl.). Ebenso kann eine Krustenbildung, wie sie namentlich leicht auf tonreichen Böden stattfindet, die Verdunstung fast ganz aufheben.

Böden, die mit Wasser völlig gesättigt sind, verdunsten unter gleichen Verhältnissen annähernd gleiche Wassermengen. Sinkt der Wassergehalt, so macht sich die gröfsere oder geringere Wasserkapazität der verschiedenen Bodenarten insofern bemerklich, als z. B. humose und tonreiche Böden stärker verdunsten als Sandböden. Ist die Austrocknung der Bodenoberfläche stärker geworden, so tritt die Kapillarität in Wirkung, und alle die kapillare Leitung im Boden fördernden Umstände erhöhen zugleich das Verdunstungsvermögen des Bodens. Nach den früheren Erörterungen

[1]) Gegenüber der Oberflächenverdunstung dürften die im Bodeninnern, innerhalb der mit Luft erfüllten Zwischenräume, verdunstenden Wassermengen nicht ins Gewicht fallen.

[2]) D. i. das Verhältnis des vorhandenen Wassergehaltes zu den Wassermengen, die die Luft bei dem augenblicklichen Thermometer- und Barometerstande aufnehmen kann.

[3]) Eine Fläche Boden, die mit Wasser völlig gesättigt ist, verliert mehr Wasser durch Verdunstung, als eine gleich grofse in Ruhe befindliche Wasserfläche, weil die rauhe, unebene Bodenoberfläche gröfser ist als die Wasserfläche. Sobald die Bodenoberfläche abgetrocknet ist, kehrt sich natürlich das Verhältnis um.

[4]) Hierbei wirkt zugleich die Abhaltung der erwärmenden Sonnenstrahlen erniedrigend auf die Verdunstung ein.

(§ 78) werden flachgründige Böden, deren Kapillarräume bei ihrer geringen Höhe sich bis oben hin mit Wasser füllen können, am schnellsten durch Verdunstung austrocknen, tiefgründige Böden um so weniger Wasser durch Verdunstung verlieren, je mächtiger sie sind, und je höher ihre Oberfläche über dem Grundwasser liegt.

§ 83. ***Die Kondensation von Wasserdampf*** *durch den Boden (Hygroskopizität)* und die ***Taubildung.*** Der an seiner Oberfläche völlig ausgetrocknete Boden hat wie alle festen Körper die Fähigkeit, Gase, also auch Wasserdampf an seiner Oberfläche zu verdichten. Man bezeichnet diese Eigenschaft als *Hygroskopizität.* Nach den bisherigen Untersuchungen ist ein Boden um so hygroskopischer, je mehr humose Stoffe und je mehr Eisenhydroxyd er enthält. Obwohl namentlich humose Böden nicht unbeträchtliche Mengen Wasserdampf aus der Luft absorbieren können, lassen die neueren Untersuchungen es fraglich erscheinen, ob jener Fähigkeit für die Wasserversorgung der Pflanzen eine gröfsere Bedeutung zukommt. Sie tritt nämlich erst dann in Wirkung, wenn der Boden so weit ausgetrocknet ist, dafs die darin wurzelnden Pflanzen bereits zu welken anfangen.

Wichtiger ist die durch den Boden hervorgerufene *Taubildung.* Sie kann dann eintreten, wenn die Bodenoberfläche sich unter den Taupunkt der mit ihr in Berührung befindlichen Luftschicht abkühlt, aber auch, wenn die Oberflächentemperatur höher als die Lufttemperatur, dagegen niedriger als die der tieferen Bodenschichten ist. In diesem Fall kann die mit Wasserdampf gesättigte Bodenluft an die abgekühlte Oberfläche Wasser in tropfbar flüssiger Form abgeben. Wahrscheinlich ist diese Erscheinung in sehr lockeren und in grobkörnigen Böden mit geringer Kapillarkraft für die Versorgung der Bodenoberfläche mit Wasser nicht ohne Bedeutung.

§ 84.

Bedeutung des Bodenwassers für die Vegetation *und seine Beeinflussung durch menschliches Eingreifen.* Da die Pflanzen zum weitaus gröfsten Teil (zu 70—90 %) aus Wasser bestehen,[1]) das sie in überwiegender Menge durch die Wurzeln aufnehmen, so bedarf die Notwendigkeit eines genügenden Wasservorrates im Boden keiner besonderen Begründung. Zugleich ist das Bodenwasser der wichtigste Träger der mineralischen Pflanzennahrung, indem es die Bodennährstoffe, mit denen die Pflanzenwurzeln nicht in unmittelbare Berührung kommen, in Lösung bringt und ihren Übergang in die Pflanzen vermittelt. So wichtig es daher für die Pflanzen ist, dafs der Boden nicht bis auf ein für ihr Ge-

[1]) Nach 6jährigen Beobachtungen von Hellriegel verbrauchen im norddeutschen Klima unsere wichtigsten Getreidearten für die Erzeugung von 1 kg oberirdischer, trockener Pflanzenmasse im Durchschnitt etwa 350 kg Wasser.

deihen verhängnisvolles Mafs austrocknet, so kann auf der anderen Seite ein *Übermafs* von Bodenwasser die Fruchtbarkeit des reichsten Bodens völlig vernichten.[1]) Abgesehen davon, dafs ein überreicher Wassergehalt die *Temperatur*verhältnisse des Bodens ungünstig beeinflufst, wirkt er namentlich dadurch verhängnisvoll, dafs er das Eindringen des *Luftsauerstoffs* in den Boden verringert oder aufhebt. Da der der Pflanze zum Leben nötige Sauerstoff zu einem grofsen Teil durch die Wurzeln eingeatmet wird, so mufs diese Not leiden, wenn die sauerstoffhaltige Bodenluft durch Wasser aus dem Boden verdrängt wird. Die vom Bodenwasser selbst gelösten Mengen Sauerstoff (s. u.) werden schnell verbraucht, wenn es nicht wenigstens von Zeit zu Zeit durch frisches Wasser ersetzt wird, das längere Zeit mit der atmosphärischen Luft in Berührung war. Die Bodennässe wird also dann besonders schädlich wirken, wenn es sich um „stehendes“ oder „stauendes“ Wasser handelt, und dies wird unter anderem der Fall sein, wenn im Boden oder unter dem Boden undurchlässige Schichten vorhanden sind, die die Bewegung des Bodenwassers verhindern.

Ein Mangel an Luftsauerstoff wirkt aber noch in anderer Richtung schädigend auf den Pflanzenwuchs, indem er die für die Bodenbildung und für das Gedeihen der Pflanzen nützlichen Oxydationsvorgänge verhindert und an ihrer Stelle Reduktionsprozesse (s. o.) hervorruft, deren Produkte zum Teil den Pflanzen unheilvoll sind. Ohne Sauerstoff kann die Humusbildung nur in unvollkommenem Grade vor sich gehen, namentlich werden die stickstoffhaltigen Bestandteile nicht in die vorteilhafteste Stickstoffverbindung (salpetersaure Salze) übergeführt, ja es werden die bereits gebildeten Nitrate unter Abscheidung von freiem Stickstoff wieder zerstört (§ 28). Während bei Anwesenheit von Sauerstoff der Kohlenstoff der organischen Bodenbestandteile in das nützliche Kohlendioxyd umgesetzt wird, tritt bei Sauerstoffmangel das vielleicht schädliche Sumpfgas (CH_4) auf (§ 54), der Schwefel der Pflanzenreste wird in das giftige Schwefelwasserstoffgas umgewandelt, die der Pflanzenernährung dienenden schwefelsauren Salze zu Sulfiden reduziert, die Schwefelwasserstoff entwickeln und bei späterer Berührung mit Luftsauerstoff gefährliche Pflanzengifte (Schwefelsäure und Ferrosulfat) liefern können (§ 23).

Ein andauernder Wassergehalt des Bodens, der seiner vollen Wasserkapazität (s. o.) entspricht, schädigt unter allen Umständen das Gedeihen der Kulturpflanzen. Andererseits beginnen die Pflanzen bereits Not zu leiden, wenn der Wassergehalt des Bodens unter ein gewisses, bisweilen noch recht hohes Mafs sinkt. Letzteres ist bei den verschiedenen Bodenarten sehr verschieden. Es steht offenbar in engster Beziehung zu ihrer

---

[1]) Ein kennzeichnendes Beispiel hierfür ist die Entstehung von Hochmoorbildungen über nährstoffreichen, aber versumpften Bodenarten.

Wasserkapazität (§ 78). Nach Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station wurde das Wachstum von Roggen und Kartoffeln auf unbesandetem Hochmoorboden bereits erheblich geschädigt, als der Wassergehalt der 5 cm mächtigen obersten Bodenschicht auf 150 (!) Prozent der trocknen Bodenmasse gesunken war. Auf Gartenboden trat bei den Versuchen von Hellriegel ein Schlaffwerden und Welken der Pflanzen ein, als der Boden nur noch 12—14 Prozent (der Bodentrockensubstanz) an Feuchtigkeit enthielt. Bei den meisten Böden scheint die obere Grenze, bis zu der das Bodenwasser noch nicht schädlich wirkt, und bei der andererseits den Pflanzen mit Sicherheit die nötige Wassermenge geboten wird, etwa bei 60 % der gröfsten Wasserkapazität zu liegen. Ein Sinken des Wassergehaltes unter 20 % der Wasserkapazität ist dagegen von Übel.

§ 85. Auf die *Herstellung eines für das Gedeihen der Pflanzen förderlichen Bodenwassergehaltes* kann man durch verschiedene *Mafsnahmen* hinwirken, deren eingehendere Erörterung in das Gebiet der Kulturtechnik fällt. Hier können nur ihre *Grundlagen* kurz angedeutet werden. Einem ungünstigen *Austrocknen* des Bodens wird entgegengewirkt durch Hinderung des seitlichen Wasserabflusses, durch Steigerung der Wasserkapazität und durch *Herabsetzung der Verdunstung*. Die letztere läfst sich durch möglichste Verkleinerung der verdunstenden Fläche, z. B. durch Ebnung der Oberfläche, und noch wirksamer durch Verminderung der kapillaren Tätigkeit des Bodens erreichen. Herbeiführung der Krümelstruktur (s. o.) setzt die kapillare Leitung herab. Ein Auflockern der obersten Bodenschicht vergröfsert zwar zunächst die verdunstende Fläche, wirkt dann aber erhaltend auf die Bodenfeuchtigkeit, indem sie durch Zerstörung der Kapillaren das Aufsteigen des Wassers bis an die Oberfläche verhindert.[1]) Zugleich erleichtert es dem auffallenden Regen das Eindringen in den Boden und verhindert dadurch dessen Ablaufen und schnelle Verdunstung. Die Bedeckung der Bodenoberfläche mit nicht oder weniger kapillar wirkenden Stoffen (§ 78) übt denselben Einflufs aus. Bei der Rimpau'schen *Moordammkultur* (s. Kulturtechnik) macht man von dieser Mafsregel ausgedehnten, segensreichen Gebrauch. Die aufgebrachte mineralische Bodendecke wirkt um so stärker feuchtigkeiterhaltend, je grobkörniger sie ist. Zugleich verhindert sie das Aufreifsen der Bodenoberfläche unter dem Einflufs der Sonnenwärme (§ 79).

Eine Lockerung der Ackerschicht und des Untergrundes, wie sie beim Rajolen und Untergrundspflügen stattfindet, befähigt die Untergrundschichten zur Aufnahme von Niederschlägen, die auf flachgründigen Böden

[1]) Umgekehrt hat ein Festwalzen der Oberfläche ihre Versorgung mit kapillar aufsteigender Feuchtigkeit zur Folge, was zeitweilig z. B. für die Keimperiode des eingestreuten Samens von Nutzen sein kann.

seitlich abfliefsen würden, und erhöht auch sonst bei vielen Bodenarten die wasserhaltende Kraft um ein Beträchtliches. So vermochte bei Versuchen von H. Hellriegel Gartenboden in lockerem Zustande einhalbmal mehr Regen aufzunehmen und festzuhalten, als derselbe Boden festgedrückt, ein Verhalten, worauf die Erfolge der „Tiefkultur" wahrscheinlich mit zurückzuführen sind.[1])

Der Austrocknung des Bodens durch die die Verdunstung befördernden Winde sucht man in manchen Gegenden durch die Anlage von Hecken und von Baumanpflanzungen entgegen zu wirken.[2])

Einer Übersättigung des Bodens mit Wasser kann man durch möglichstes Abfangen des Zuflusses, sowie durch Abführung des eingedrungenen Wassers nach der Tiefe oder nach den Seiten hin (durch Anlage von Brunnen, Gräben, Drains, wo nötig nach Durchbrechung undurchlässiger Bodenschichten) und ferner durch Begünstigung der Verdunstung entgegenarbeiten. Mafsregeln, die den kapillaren Aufstieg befördern, werden hier nützlich wirken, also auf der einen Seite möglichste Vergröfserung der Oberfläche (durch Anlage von Rücken, Rabatten), andererseits ein Dichtwalzen der obersten Schicht, Entfernung von nicht oder wenig kapillar leitenden Bodenbedeckungen.[3])

§ 86. Die künstliche Bewässerung. Endlich bietet die direkte Zufuhr von Wasser, wie sie bei der künstlichen Bewässerung von Wiesen und Ackerland (s. d. Abschnitt „Kulturtechnik") vielfach geübt wird, ein Mittel, um den Bodenwassergehalt günstiger zu gestalten. Allerdings hat man bei jener Mafsnahme allermeist nicht ausschliefslich die Anfeuchtung des Bodens, sondern noch andere Zwecke im Auge. So kann das Überstauen und Berieseln einer Wiese im Frühjahr deren *Temperaturverhältnisse* günstig beeinflussen, weil das Wasser zu dieser Zeit wärmer als der

---

[1]) Es liegt ferner auf der Hand, dafs jede Behandlung des Bodens, die den Pflanzenwurzeln ein tieferes Eindringen ermöglicht, ihnen zugleich gröfsere Wasservorräte erschliefst; dahin ist z. B. der Anbau von tiefwurzelnden Pflanzen zu rechnen, die nicht nur die Fähigkeit besitzen, sich selbst aus den tieferen Bodenschichten mit Wasser zu versorgen, sondern die letzteren auch für die Nachfrucht zugänglich machen (Schultz-Lupitz).

[2]) Andererseits sind jedoch derartige Anlagen geeignet, die Gefahr der Spätfröste (s. § 90, Anmerkung) zu verstärken.

[3]) So hat sich bei Rimpau'schen Moordämmen, die ungenügend entwässert waren, ein zeitweiliges, streifenweises Blofslegen des Moores bewährt. Die obigen Erörterungen lassen zugleich erkennen, dafs auf Moorböden, die sich nicht genügend entwässern lassen, das Aufbringen von Bodenarten mit geringerem Kapillarvermögen, als es das Moor selbst besitzt, von Übel ist.



Boden zu sein pflegt.[1]) Nicht zu unterschätzen ist ferner die „bodenreinigende" Tätigkeit des mit Luftsauerstoff beladenen Wassers, denn dieser verhindert die Bildung pflanzenschädlicher Reduktionsprodukte im Boden (§§ 55 und 84) oder zerstört sie, wo sie bereits entstanden sind. Es liegt auf der Hand, dafs diese heilsamen („Oxydations"-) Vorgänge nur eintreten können, wenn das Wasser Gelegenheit hatte, reichliche Mengen von Sauerstoff aufzunehmen. Bereits zur Berieselung benutztes Wasser wirkt schwächer oder selbst ungünstig, weil es den gelösten Sauerstoff zum Teil oder ganz verloren und sich dafür mit Kohlendioxyd und mit schädlichen Zersetzungsprodukten des Bodens (z. B. mit Schwefelwasserstoff) angereichert hat. Die reinigende Wirkung des Wassers wird in solchem Fall wieder hergestellt, wenn bei ausgiebiger Berührung mit der atmosphärischen Luft das Kohlendioxyd entweichen kann, die schädlichen Zersetzungsprodukte durch Oxydation zerstört und neue Sauerstoffmengen aufgenommen werden. Man bezeichnet diesen (bereits den alten Römern bekannten) wichtigen Vorgang als die „Selbstreinigung der Wasserläufe".

Eine *düngende* Wirkung kommt dem Bewässerungswasser zu, wenn es aus dem anstehenden Gestein, aus den Abgängen menschlicher Niederlassungen oder gewisser gewerblicher Betriebe[2]) gröfsere Mengen von Pflanzennährstoffen in sich aufgenommen hat. Diese können im Wasser gelöst sein oder als Bestandteile ungelöster Schlammteile vom *bewegten* Wasser schwebend erhalten werden („Schlick", „Suspendierte" oder „Sink"-stoffe).[3]) Letztere werden auf den bewässerten Böden zum gröfsten Teil abgesetzt, die ersteren fliefsen, soweit sie nicht von den wachsenden

[1]) Nach Untersuchungen der *Landwirtschaftlichen Versuchs-Station zu Münster* (s. König, Literatur zum I. Abschn.) betrug z. B. die Durchschnittstemperatur bei 33 cm Tiefe:

	Vom 30. Nov. bis 10. Dezbr. 1880.	Vom 15. bis 17. März 1881.
Im berieselten Boden . .	4,8° C.	3,8° C.
Im nicht berieselten Boden	4,3° C.	3,5° C.

[2]) Nicht selten werden allerdings die natürlichen Wasserläufe auch mit schädlichen Abgängen aus technischen Betrieben derart angereichert, dafs sie für landwirtschaftliche Nutzung ganz ungeeignet erscheinen, so namentlich mit freien Säuren, mit Salzen der schweren Metalle (Kupfer, Zink, Eisen u. a.), mit übergrofsen Mengen von Natrium-, Magnesium-, Calcium-Chloriden und Sulfaten, die entweder als Pflanzengifte oder auch dadurch ungünstig wirken, dafs sie unmittelbar oder durch Wechselzersetzung (§ 18, Anm. und § 46) wertvolle Bodenbestandteile in Lösung und damit leicht in Verlust bringen.

[3]) Nach Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station (F. Seyfert: „Das Wasser im Flufsgebiet der Weser" — Bremen. M. Nöfsler, 1893) wurden in 1000 Liter Weserwasser im Durchschnitt der wärmeren Jahreszeit der Jahre 1888 bis 1890 bei einer Tiefe von $1^1/_2$ m gefunden:

Pflanzen aufgenommen oder vom Boden absorbiert[1]) werden, mit dem ablaufenden Wasser wieder von dannen.

§ 87.

Das Verhalten des Bodens gegen die Wärme. Das Gedeihen der Pflanze ist an gewisse Wärmegrade gebunden, unterhalb und oberhalb deren ihre Lebenstätigkeit gefährdet wird und aufhört. Die ihr zur Verfügung stehende Wärmemenge richtet sich einerseits nach den klimatischen Verhältnissen, andererseits nach der Beschaffenheit des Bodens, den man als ein von den Sonnenstrahlen gespeistes Wärmereservoir[2]) ansehen kann. Je mehr Wärme dieses aufnimmt, je mehr es davon für die Pflanzen verfügbar hält, um so wohler werden sich die letzteren im allgemeinen befinden.

	Feste Stoffe	Kali	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Phosphorsäure	Chlor
Etwa 20 km unterhalb der Stadt Bremen	g	g	g	g	g	g	g
Im Wasser gelöst	291,0	6,5	76,3	15,4	57,0	Spur	49,7
In Form von Schlick	14,5	0,4	0.7	0,8	0,2	0,3	0,3
Zusammen:	305,5	6,9	77,0	16,2	57,2	0,3	50,0
Etwa 60 km unterhalb der Stadt Bremen (Erheblicher Einflufs des Seewassers!)							
Im Wasser gelöst	8561,3	143,6	176,0	413,1	454,5	Spur	4342,5
In Form von Schlick	258,6	5,5	12,8	6,9	2,2	1,3	7,3
Zusammen:	8819,9	149,1	188,8	420,0	456,7	1,3	4349,8.

[1]) Über Bodenabsorption s. u. Die Menge der absorbierten Stoffe richtet sich hauptsächlich nach der Beschaffenheit des Bodens. Besitzt dieser kein grofses Absorptionsvermögen, so kann das Bewässerungswasser selbst reicher an gelösten Stoffen abfliefsen, als es aufgeflossen ist, sodafs also die Bewässerung geradezu eine Verarmung des Bodens herbeiführt. Am ehesten kann man noch auf eine Absorption der allerdings meist nur in Spuren vorhandenen Phosphorsäure und des Kali rechnen.

[2]) Allerdings besitzt die Erde auch eine gewisse, nur zum Teil von den Sonnenstrahlen bedingte Eigenwärme, die sich in gröfseren Tiefen sehr bemerklich macht, aber den Pflanzen an der Oberfläche nur in Ausnahmefällen zu gute kommen dürfte. Ferner wird durch die unablässig im Boden sich vollziehenden chemischen Umsetzungen Wärme erzeugt, deren Mengen aber wahrscheinlich gleichfalls so unbedeutend sind, dafs wir sie unberücksichtigt lassen können. Auch durch physikalische Vorgänge kann eine Erwärmung hervorgerufen werden. So entwickelt sich bei der Aufnahme von Wasser durch trockenen Boden infolge der Verdunstung des Wassers an der Oberfläche der Bodenbestandteile Wärme

Absorption der Sonnenstrahlen. Der Boden empfängt unter sonst gleichen Verhältnissen[1]) von der Sonne um so mehr Wärme, je günstiger seine Lage zu den auffallenden Sonnenstrahlen und je gröfser sein Absorptionsvermögen für die letzteren ist. Gegen *Süden* und *Osten* geneigte Flächen werden stärker von der Sonne bestrahlt, als *nördliche* und *westliche* Hänge, und müssen daher im allgemeinen wärmer sein als die letzteren. Die Strahlenmenge, die vom Boden aufgenommen und zu seiner Erwärmung verwendet wird, richtet sich nach der Beschaffenheit der Bodenoberfläche. Je *rauher* die Oberfläche, um so mehr Bodenteilchen können durch die Sonnenstrahlen Wärme empfangen, je *dunkler* ihre Farbe, um so mehr Strahlen werden von ihr absorbiert und in Wärme umgesetzt.[2])

§ 88. Die von den Sonnenstrahlen der Erdoberfläche mitgeteilte Wärme pflanzt sich durch *Leitung* in die tieferen Bodenschichten fort, und zwar um so schneller, je gröfser das *Wärmeleitungsvermögen* des Bodens ist. Von den Bodenbestandteilen leitet die Bodenluft die Wärme bei weitem am schlechtesten (fast 30 mal schlechter als das Wasser). Das Leitungsvermögen der *festen* Bodenbestandteile scheint von dem des Wassers nicht sehr verschieden, aber etwas gröfser zu sein. Man wird daher im allgemeinen sagen können, dafs sich die Wärme um so schneller fortpflanzen wird, je weniger luftfassende Hohlräume der Boden enthält, oder je mehr die vorhandenen Hohlräume mit Wasser erfüllt sind. Die Erwärmung des Bodens hängt aber nicht blofs von der durch die Sonnenstrahlen ihm zugeführten Wärmemenge und von deren Fortpflanzung, sondern in hohem Grade auch von der gröfseren oder geringeren Erwärmungsfähigkeit der Bodenbestandteile, von ihrer „spezifischen Wärme“ oder „Wärmekapazität“ ab.

(„Benetzungswärme“), deren Menge von der Art, Form und Gröfse der Bodenbestandteile abhängig ist. Dementsprechend scheint nach neuern Untersuchungen (A. Mitscherlich) die Benetzungswärme ein gewisses Mafs für die den Fruchtbarkeitszustand eines Bodens bestimmenden Faktoren zu bieten. Sie dürfte jedoch an sich ohne Bedeutung für das Wachstum der Pflanzen sein.

[1]) Es wird hier von den Umständen abgesehen, die eine Verminderung der Bestrahlung herbeiführen, wie z. B. die Beschattung des Bodens, das Bedecken desselben mit schlechten Wärmeleitern, ein dichter Pflanzenbestand u. a. m.

[2]) Die von der Sonne ausgehenden Wärmestrahlen sind teils dunkel, teils hell. Die letzteren bezeichnet man auch als „Lichtstrahlen“. Von hellen Böden werden im wesentlichen nur die dunklen Wärmestrahlen aufgenommen, die hellen zurückgeworfen. (Nur deswegen erscheinen uns diese Böden hell.) Dunkle Böden nehmen nicht nur die dunklen, sondern auch die hellen Strahlen auf und verwerten beide Strahlengattungen zur Erwärmung ihrer Masse.

§ 89. *Die spezifische Wärme*[1]) der festen *mineralischen* Bodenbestandteile ist nach den vorliegenden Untersuchungen keine wesentlich verschiedene, dagegen weit gröfser als die des völlig trockenen Humus.[2]) Die Unterschiede kommen aber für die natürlichen Verhältnisse kaum in Betracht gegenüber der weit überwiegenden Wärmekapazität des flüssigen Bodenbestandteils, des *Bodenwassers.* Um Wasser um einen Grad zu erwärmen, bedarf es einer bis siebenmal gröfseren Wärmemenge, als zu gleicher Erwärmung des gleichen Volums von einem festen Bodenbestandteil erforderlich ist. Da nun gerade die Humusstoffe in hervorragendem Mafse das Wasser aufzunehmen und festzuhalten vermögen, daher stets die wasserreichsten Bodenbestandteile sind, so kommt die geringe spezifische Wärme des *trockenen* Humus im Boden eigentlich nie zur Geltung, ja, man wird bei ihrer stetigen Vergesellschaftung mit grofsen Wassermengen geradezu sagen dürfen, dafs unter natürlichen Verhältnissen die Humussubstanzen unter allen festen Bodenbestandteilen die höchste Wärmekapazität besitzen. Ganz allgemein aber gilt der Satz: Je nasser ein Boden ist, um so gröfserer Wärmezufuhr bedarf er zur Erhöhung seiner Temperatur, um so schwerer erwärmt er sich. Dazu kommt noch, dafs bei nassen Böden die *Verdunstung* gröfser ist als bei trockneren, und stärkere Verdunstung stets mit einem gröfseren Wärmeverlust verbunden ist. Bei nassen Böden wird mithin ein gröfseres Quantum von Wärme zur Erhöhung der Bodentemperatur und zur Überführung von Wasser in Wasserdampf verbraucht, das für die Pflanzen verloren geht, und es erscheint der von der Praxis aufgestellte Satz: *„Nasse Böden sind kalte Böden“* durchaus gerechtfertigt.

Wie aber bei Zufuhr gleicher Wärmemengen ein Raumteil Wasser nur etwa halb so stark erwärmt wird, als ein gleicher Raumteil fester Bodenbestandteile, so kühlt sich bei Entziehung gleicher Wärmemengen das Wasser auch nur halb so stark ab, als die trocknen Bodenbestandteile. Die Temperatur eines wasserreichen Bodens sinkt daher bei Abkühlung

---

[1]) *Spezifische Wärme* oder *Wärmekapazität* eines Körpers nennt man die Wärmemenge, die ihm zugeführt werden mufs, um seine *Gewichts-* oder *Raumeinheit* (also 1 Gramm oder 1 Kubikcentimeter) um einen Grad des hundertteiligen Thermometers zu erwärmen. Beim Wasser ist es gleichgültig, ob man die spezifische Wärme auf Gewicht oder Raum bezieht, bei den übrigen Körpern liegen die einerseits auf Gewicht und andererseits auf Volum berechneten Zahlen um so weiter auseinander, je mehr ihr spezifisches Gewicht von dem des Wassers abweicht. Da für die Pflanzen das ihnen zur Verfügung stehende Boden*volum* wichtiger ist als das Boden*gewicht*, so ist es praktischer, die spezifische Wärme des Bodens und der Bodenbestandteile auf das Volum zu beziehen.

[2]) Die Wärmekapazität der „Heideerde“ (s. S. 101, Anm.) wurde z. B. (auf Volum bezogen) nur halb so grofs als die von feinem Diluvialsand gefunden.

der Aufsenluft auch langsamer als die eines trocknen, und die *Temperaturschwankungen* sind mithin in dem ersteren geringer als in dem letzteren.[1])

§ 90. *Wärmeausstrahlung.* Von der durch die Sonnenstrahlen dem Boden übermittelten Wärme geht durch Ausstrahlung in den Weltraum ein Teil wieder verloren.[2]) Wie grofs dieser ist, und inwieweit er durch die verschiedenen Bodenbestandteile, also durch die Beschaffenheit des Bodens beeinflufst wird, läfst sich aus den bisher ausgeführten Untersuchungen nicht mit Sicherheit erkennen. Nur scheint von vornherein festzustehen, dafs der durch Strahlung herbeigeführte Verlust um so bedeutender sein wird, je gröfser die Bodenoberfläche, je rauher der Boden ist.

§ 91. *Beeinflussung der Bodenwärme durch menschliches Eingreifen.* Durch geeignete Erdarbeiten sucht man für besonders wertvolle Pflanzen (z. B. in Weinbergen) die *Neigung* der Bodenoberfläche für das Auffallen der Sonnenstrahlen günstiger zu gestalten. Das Aufbringen *dunkel gefärbter* mineralischer Bodenarten (z. B. dünner Lagen von Basaltschutt) begünstigt die Absorption der Wärmestrahlen. Die Bedeckung des Bodens mit lockeren *lufthaltigen* Materialien (Sägespänen, Gerberlohe, trockenen Torfstücken u. a.) in kalter Jahreszeit verringert die Wärmeleitung und damit die Wärmeabgabe an die Aufsenluft.[3]) Weit wichtiger als derartige, nur in kleinem Umfang ausführbare Operationen sind die Mafsnahmen, die auf eine *günstigere Gestaltung der Wasserverhältnisse,* also auf die Verringerung der Wasserkapazität und der Verdunstungsgröfse gerichtet sind. Dahin gehört in erster Linie eine genügende Wassersenkung und eine Verminderung der Bodenverdunstung, wie sie z. B. durch das Bedecken von Böden mit grofsem Kapillarvermögen

---

[1]) Der Gleichmäfsigkeit des *Seeklimas* und den grofsen Temperaturschwankungen des *Kontinentalklimas* dürften dieselben Ursachen zugrunde liegen.

[2]) Auf die Wärmeausstrahlung des Bodens, die namentlich in klaren Nächten sehr grofs sein kann und die den Boden und die mit ihm in unmittelbarer Berührung befindliche Luftschicht abkühlt, führt man die „Spät-" oder „Nachtfröste" zurück, die nicht selten in klaren Frühjahrs- und selbst in Sommernächten die Hoffnungen des Landwirts zu schanden machen. Trübe Atmosphäre vermindert die Wärmeausstrahlung und damit die Gefahr der Nachtfröste. (Entwickelung von Rauchwolken als Schutzmittel für die gefährdeten Flächen.) Auch Luftströmungen, die die unter 0° abgekühlte Luftschicht durch wärmere Luft ersetzen, wirken dem Erfrieren der Pflanzen entgegen. Diesem Umstand ist es zuzuschreiben, dafs die in Bodenvertiefungen oder im Schutz von höheren Gegenständen befindlichen Gewächse am stärksten gefährdet sind.

[3]) Aber auch die Fortpflanzung der von ihrer obersten Schicht absorbierten Sonnenwärme nach der Tiefe hin.

(Moorboden, Tonboden) mit grobkörnigem Sande und die übrigen in § 85 besprochenen Maſsregeln erzielt wird.

§ 92.

Die Durchlüftbarkeit („Permeabilität") **des Bodens.** Alle nicht von Wasser eingenommenen Hohlräume des Bodens sind mit Luft erfüllt. Aus den früheren Erörterungen über die Bedeutung der Bodenluft und ihrer Zusammensetzung für die Kulturpflanzen geht hervor, daſs das Gedeihen der letzteren an einen häufigen Wechsel der Bodenluft, namentlich an den Ersatz ihres zu Oxydationsprozessen im Boden und zur Wurzelatmung der Pflanzen verbrauchten Sauerstoffs durch atmosphärischen Sauerstoff gebunden ist. Der Luftaustausch zwischen Boden und Atmosphäre wird im wesentlichen durch drei Faktoren vermittelt: durch *Temperaturunterschiede* der Bodenschichten und der Luft, durch die *Diffusion* der Gase und durch verdunstendes und *flieſsendes Wasser.* In der kälteren Jahreszeit steigt die wärmere Bodenluft nach oben und wird durch die kältere und daher schwerere atmosphärische Luft ersetzt. Die *Diffusion,* d. i. das allen gasförmigen Körpern eigene Bestreben, sich gegenseitig zu durchdringen und, unabhängig von ihrer spezifischen Schwere, sich gleichmäſsig miteinander zu vermischen, kommt in allen Jahreszeiten zur Geltung, sobald nur die Bodenbeschaffenheit den Ein- und Austritt von Luft gestattet. Sie vollzieht sich um so leichter, je gröſser und zahlreicher die Hohlräume im Boden sind. Sehr dicht gelagerte Bodenschichten, sowie die Erfüllung der Hohlräume mit Wasser können sie völlig verhindern. Nach dem Diffusionsgesetz diffundiert ein Gas um so schneller, je geringer sein spezifisches Gewicht ist. Das bei der Oxydation der humosen Bodenbestandteile sich bildende Kohlendioxyd (CO_2) ist von allen hier in Frage kommenden Luftarten die schwerste; es vermischt sich am langsamsten mit den übrigen Luftbestandteilen, und es ist daher die Bodenluft stets reicher daran als die atmosphärische Luft. Endlich wird der Luftwechsel im Boden durch Verdunstung des Bodenwassers und durch Eindringen von atmosphärischem Wasser in den Boden gefördert. Durch die Bodenverdunstung wird ein groſser Teil der Bodenhohlräume dem Eindringen der atmosphärischen Luft geöffnet. Das auf den Boden fallende und einsickernde Regenwasser bereichert durch den eigenen Gehalt an Luftsauerstoff, namentlich aber dadurch den Boden, daſs es beim Einsickern eine saugende Wirkung auf die atmosphärischen Gase ausübt.

§ 93. *Einfluſs menschlichen Eingreifens auf die Durchlüftung des Bodens.* Es liegt auf der Hand, daſs alle auf die Herstellung des Krümelzustandes und auf sonstige Lockerung des Bodens gerichteten Maſsnahmen, wie Pflügen, Hacken, das Einbringen von auflockernden

Materialien (von frischem strohigen Stalldünger, groben Torfstücken u. dergl.), ferner das Durchbrechen sehr dichtgelagerter Bodenschichten (z. B. des Tones, des Ortsteins, des Raseneisensteins), endlich eine tiefere Wassersenkung, das Eindringen der atmosphärischen Luft erleichtern müssen. In ähnlicher Weise, wie es durch den Regen geschieht, sucht man auch durch die seitliche Zufuhr von Wasser über die Bodenoberfläche („Berieselung") den Boden mit Luftsauerstoff zu versorgen. Je mehr Luftsauerstoff das Rieselwasser vorher aufnehmen konnte, um so wohltätiger wird nach dieser Richtung hin seine Wirkung sein (§ 86).

B. Der Boden als Nährstoffbehälter für die Pflanzen.

§ 94.

Allgemeines. Die höhere Pflanze bedarf zum Aufbau ihres Leibes und zur Erfüllung ihrer sonstigen Lebensfunktionen einer Reihe von Stoffen, die sie zum Teil aus der Luft durch ihre oberirdischen Organe, zum Teil vermöge ihrer Wurzeln aus dem Boden aufzunehmen angewiesen ist. Die ersteren, die „Blattnährstoffe", sind *Kohlendioxyd* (vulgo „Kohlensäure") und *Sauerstoff*, die in unerschöpflichen Mengen die atmosphärische Luft bietet; die anderen, die „Wurzelnährstoffe", sind neben *Wasser* und ungebundenem *Sauerstoff: Stickstoff, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Schwefel* und *Phosphor*. Alle diese Stoffe sind für die Ernährung der höheren Pflanzen unentbehrlich; ob sich ein Gleiches von anderen Bodenbestandteilen, z. B. vom Natrium, Aluminium, Chlor, Silicium, behaupten läfst, erscheint mindestens fraglich, nachdem Untersuchungen ergeben haben, dafs sehr viele Pflanzen auch ohne Anwesenheit jener Stoffe sich normal entwickeln können. Während der in der Bodenluft vorhandene Sauerstoff im freien Zustande von der Pflanze aufgenommen und für ihre Lebenstätigkeit nutzbar gemacht wird, können die übrigen namhaft gemachten Elemente ausschliefslich in Form von Verbindungen den höheren Pflanzen als Nahrung dienen. Nur der *Stickstoff* macht scheinbar eine Ausnahme insofern, als die zur Familie der Leguminosen gehörigen Pflanzen imstande sind, stickstoffhaltige Pflanzenstoffe zu bilden, selbst wenn ihnen der Stickstoff nur in unverbundener Form zu Gebote steht. Sie verdanken diese Fähigkeit der Vergesellschaftung mit einem pflanzlichen Organismus niederster Art (§ 50), der den freien Stickstoff der Luft in Verbindungen überführen und mit diesen die mit ihm zusammenlebenden Pflanzen versorgen kann. Zur Ernährung der höheren Pflanzen sind Kalium, Calcium, Magnesium, Schwefel und Phosphor in Form von *Karbonaten, Silikaten, Phosphaten, Nitraten, Sulfaten, Chloriden* geeignet, *Humate* werden wahrscheinlich vor der Aufnahme in Karbonate umgewandelt; zur Ver-

sorgung mit *Stickstoff* dienen *Salpetersäure* und *Ammoniumsalze*[1]) und solche Stoffe, die bei ihrer Zersetzung im Boden jene Verbindungen liefern (humose Substanzen, Stalldung, Knochenmehl u. a.). Manche der genannten notwendigen Pflanzennährstoffe sind in vielen Böden in so geringer Menge enthalten, dafs zur Erzeugung befriedigender Ernten ihre Zufuhr von aufsen her (z. B. durch die Düngung) erfolgen mufs. Wir werden daher im folgenden nicht nur den natürlichen *Gehalt* des Bodens an wichtigen Stoffen, sondern auch sein *Verhalten* gegen die zur Vervollständigung seines Nährstoffvorrates künstlich zugeführten Substanzen zu betrachten haben.

§ 95.

Die chemische Zusammensetzung des Bodens. Der Boden setzt sich aus den Bestandteilen der an seiner Bildung beteiligten Gesteine, soweit sie nicht durch Wasser oder Wind fortgeführt wurden, den von aufsen her aus der Atmosphäre und durch die Düngung in ihn gelangten *festen* Stoffen, den Resten des tierischen und pflanzlichen Lebens, das sich in ihm abgespielt hat, dem *Bodenwasser* mit den darin gelösten festen und luftförmigen Stoffen und der *Bodenluft* zusammen; er besteht mithin aus einem Gemenge von *festen,* und zwar von *unorganischen* (mineralischen) und *organischen Stoffen, Wasser* und *Luftarten.*

§ 96. Die *Bodenluft* entstammt ihrer Hauptmasse nach der Atmosphäre, besitzt aber nicht dieselbe Zusammensetzung wie die atmosphärische Luft, weil ihr Sauerstoffgehalt in hohem Grade durch die im Boden sich vollziehenden Oxydationsprozesse in Anspruch genommen und namentlich zur Überführung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs der organischen Substanzen in Kohlendioxyd und Wasser verbraucht wird. Während in der atmosphärischen Luft das Raumverhältnis von Stickstoff zu Sauerstoff sehr konstant, gleich 100 : 26,4 ist, wurde es in gut durchlüftetem Gartenboden z. B. gleich 100 : 17,2 gefunden, und in schlecht durchlüfteten Böden kann der Sauerstoffgehalt noch weit mehr sinken, ja unter Umständen ganz zum Verschwinden kommen. Dementsprechend erscheint der Gehalt der Bodenluft an Kohlendioxyd stark vermehrt. Während er in der freien atmosphärischen Luft nur 0,029—0,030 Volumprozente beträgt, fand man z. B. in der Bodenluft eines lange vorher gedüngten Sandbodens 2,17, in der eines frisch gedüngten Sandbodens sogar 9,74 Volumprozent Kohlendioxyd. Der Kohlendioxydgehalt der Bodenluft pflegt in umgekehrtem Verhältnis zu ihrem Sauerstoffgehalt zu stehen und ist abhängig von der im Boden enthaltenen Menge an organischen, leicht verweslichen Stoffen, von der Durchlüftung, die auf den Ausgleich der Boden- und der atmo-

[1]) Ob die Ammoniumverbindungen unmittelbar von den Pflanzen als Nährstoff verwendet werden, ist eine noch offene Frage. Wahrscheinlich geht eine Umwandlung in Salpetersäuresalze vorher.



sphärischen Luft hinwirkt, und von der Temperatur, deren Steigen die Oxydationsprozesse beschleunigt. Im allgemeinen ist die Luft der *tieferen* Bodenschichten reicher an Kohlendioxyd, weil diese durch ihren gröfseren Wassergehalt und ihre gröfsere Entfernung von der Bodenoberfläche den Austausch mit der atmosphärischen Luft erschweren. Ein mit Pflanzen bestandener Boden enthält gewöhnlich eine an Kohlendioxyd ärmere Bodenluft als ein nackter, weil dieser sich unter dem Einflufs der Sonnenbestrahlung schneller erwärmt.

§ 97. *Die festen Bodenbestandteile* umfassen die oben genannten, für den Pflanzenwuchs unentbehrlichen, und andere Stoffe, die zwar für die Pflanzenernährung nicht notwendig zu sein scheinen, aber gewisse wichtige Bodeneigenschaften beeinflussen. Dafs die festen Bodenbestandteile in den verschiedenen Böden in äufserst wechselnden Verhältnissen vertreten sind, kann bei der Verschiedenartigkeit der Muttergesteine und der Mannigfaltigkeit der Bodenentstehungsbedingungen nicht wundernehmen. Die folgende Übersicht, die das Ergebnis einer Reihe von Bodenanalysen wiedergibt, läfst die grofsen Unterschiede in der Zusammensetzung verschiedener Bodenarten deutlich erkennen.

Tabelle I.

In 100 Teilen trockenen Bodens wurden gefunden:

	Mineralböden:				Humusboden:	Moorböden:		
	Sandboden [1]	Lehmboden [2]	Tonboden [3]	Kalkboden [4]	humos. Tonboden [5]	Hochmoorboden [6]	Niederungsmoorboden [6]	Übergangsmoorboden [6]
Organische Stoffe	0,47	4,63 [7]	8,54	12,06	21,40	93,29	84,18	89,09
Stickstoff	—	?	0,26	0,25	0,78	1,30	3,35	2,00
Mineralstoffe	99,53	95,37	91,46	87,94	78,60	6,71	15,82	10,91
Kali (K_2O)	0,97	1,06	2,60	0,85	1,96	0,05	0,06	0,06
Natron (Na_2O)	0,47	0,37	1,17	0,22	1,16	0,05	0,04	0,08
Kalk (CaO)	0,19	2,86	5,97	29,96	1,94	0,23	4,06	1,17
Magnesia (MgO)	0,05	0,88	2,22	0,48	1,71	0,23	0,25	0,19
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	0,20	5,20	4,60	1,16	4,11	0,60 (zus. mit Tonerde)	4,68 (zus. mit Tonerde)	2,45 (zus. mit Tonerde)
Tonerde (Al_2O_3)	3,10	7,04	15,12	6,82	15,20			
Kieselerde (SiO_2)	94,72	76,14	54,53	25,44	52,23	5,24	5,63	6,01
Schwefelsäure (SO_3)	Spur	0,01	0,17	0,10	0,01	0,20	0,87	0,33
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,05	0,18	0,20	0,22	0,20	0,08	0,29	0,20
Kohlendioxyd (CO_2)	0	1,63	4,63	23,54	0,03	0	0	0
Chlor (Cl)	?	?	0,11	—	Spur	Spur	Spur	Spur

[1]) Diluvialsandboden (E. Ramann). — [2]) Diluviallehmboden (E. Ramann). — [3]) Wesermarschboden (Moor-Versuchs-Station). — [4]) Weifser-Jura-Kalkboden (E. v. Wolff). — [5]) Russische Schwarzerde (Tschernosem, C. Schmidt). — [6]) Moor-Versuchs-Station. — [7]) Darunter etwas chemisch gebundenes Wasser.

§ 98. Die vorstehenden Zahlen spiegeln zwar die verschiedenartige Zusammensetzung der festen Masse verschiedenartiger Böden wieder, geben aber kein richtiges Bild von den Stoffmengen, die in einem *bestimmten Bodenvolum* der fraglichen Böden den Pflanzen geboten werden. Um hierüber Kunde zu erlangen, mufs man das *Volumgewicht* der verschiedenen Böden kennen, d. h. wissen, wieviel Trockenmasse unter gewöhnlichen Verhältnissen in einem gewissen Raumteil Boden durchschnittlich enthalten ist.[1]) Bei einem dem Pflanzenwuchs zusagenden Feuchtigkeitsgehalt enthält 1 cbm an festen Stoffen:

	Sandboden	Lehmboden	Tonboden	Kalkboden	Humoser Tonboden	Hochmoorboden	Niederungsmoorboden	Übergangsmoorboden
ca.	1500	1200	1000	800	600	120	250	175 kg
Wassergehalt:	10 %	20 %	35 %	20 %	40 %	70 %	65 %	68 % .

Aus diesen Daten und den Zahlen der vorstehenden Tabelle berechnet sich der „absolute" Gehalt der verschiedenen Böden an wichtigeren Stoffen wie folgt:

Tabelle II.

1 cbm Boden enthält bei seinem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt:

	Mineralische Böden:				Humusboden:	Moorböden:		
	Sandboden kg	Lehmboden kg	Tonboden kg	Kalkboden kg	humusreicher Tonboden kg	Hochmoorboden kg	Niederungsmoorboden kg	Übergangsmoorboden kg
Organische Stoffe	7	56	85	96	128	112	210	156
Stickstoff . . .	?	?	2,6	2,0	4,7	1,6	8,4	3,5
Mineralstoffe . .	1493	1144	915	704	472	8	40	19,0
Kali	14,6	12,7	26,0	6,8	11,8	0,06	0,15	0,1
Kalk	2,9	34,3	59,7	239,7	11,6	0,2	10,2	2,1
Phosphorsäure .	0,8	2,2	2,0	1,8	1,2	0,1	0,7	0,3

---

[1]) Unter „Volumgewicht des Bodens" versteht man gewöhnlich das Gewicht eines Raumteils des *völlig trocknen* oder auch des *lufttrocknen* Bodens im Verhältnis zu dem Gewicht eines gleichen Raumteils reinen Wassers (von 4° C.). Da hierbei auch die Kontraktion, die manche Böden beim Austrocknen erleiden (§ 79), unberücksichtigt bleibt, ein Rückschlufs aus dem Ergebnis der Ermittelung auf die unter natürlichen Verhältnissen, im feuchten Boden, vorhandene Trockenmasse also nicht möglich ist, so erscheint es zweckmäfsiger, unter Volumgewicht das Gewicht der festen Stoffe zu verstehen, die ein gewisses Bodenvolum bei einem den natürlichen Verhältnissen entsprechenden durchschnittlichen Wassergehalt enthält.

§ 99. Die Zahlen der vorstehenden Tabelle berechtigen zu den folgenden, für alle Böden gültigen Schlufsfolgerungen: Unter den festen Bodenbestandteilen überwiegt zwar bei den eigentlichen Moorböden die Menge der *organischen Stoffe* weit den Humusgehalt der *mineralischen* Böden (Tab. I), indessen bringt es das geringe Volumgewicht der ersteren mit sich, dafs die in einem bestimmten Bodenraum enthaltenen Mengen an organischen Stoffen bei manchen Mineralböden hinter dem Gehalt mancher Moorböden (Hochmoorboden) kaum zurückstehen, ja in humusreichem Mineralboden den letzteren übertreffen können (Tab. II). Der *absolute* Gehalt an *Stickstoff,* der bei allen Böden fast ausschliefslich als ein Teil der humosen Stoffe anzusehen ist, kann im Hochmoorboden sogar weit geringer sein als in den humoseren mineralischen Bodenarten.[1])

Wie Tabelle I erkennen läfst, herrschen bei allen Böden ohne Ausnahme unter den mineralischen Stoffen *Silicium-* und *Aluminium*-Verbindungen, bei einigen auch Verbindungen von *Eisen* und *Calcium* vor, während der Gehalt an *Kalium-, Magnesium-, Schwefelsäure-* und *Phosphorsäure*salzen weit geringer ist. Hinsichtlich des prozentischen, wie des absoluten Gehaltes an notwendigen Pflanzennährstoffen zeigen die verschiedenen Bodenarten die auffälligsten Unterschiede. (Man vergleiche den *Kali*gehalt der Moorböden mit dem der mineralischen, den *Kalk*gehalt des Sandbodens mit dem des Kalkbodens, den *Phosphorsäure*gehalt des Hochmoorbodens mit dem Gehalt des Niederungsmoores und der reicheren Mineralböden u. s. w.)

§ 100.

Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit nach der chemischen Zusammensetzung. Die durch die Gesamtanalyse eines Bodens ermittelten Zahlen, wie sie die vorstehenden Tabellen enthalten, geben wohl Aufschlufs über seinen Gehalt an den für die Ernährung der Kulturpflanzen nötigen Stoffen, nicht aber darüber, ob deren Menge ausreicht, um das Bedürfnis einer reichen Ernte zu decken. Zwar läfst sich unschwer feststellen, wieviel Stickstoff, Kali, Phosphor, Kalk u. s. w. die verschiedenen Pflanzen aufnehmen müssen, um zu reichlicher Produktion befähigt zu werden, aber es entzieht sich in den meisten Fällen unserer Kenntnis, wie weit sie imstande sind, die im Boden vorhandenen Nährstoffmengen zu ihren Zwecken nutzbar zu machen, denn die Stoffaufnahme durch die

[1]) Diese bei oberflächlicher Beurteilung des Bodengehalts auf Grund der chemischen Analyse allermeist übersehene Tatsache klärt es auf, warum die meisten Hochmoorböden trotz des hohen prozentischen Stickstoffgehalts ihrer festen Masse zur Hervorbringung einer befriedigenden Ernte der Stickstoffzufuhr im Dünger bedürfen, die bei den Niederungsmooren für gewöhnlich nicht nötig ist.

Pflanzen hängt nicht blofs von den vorhandenen *Stoffmengen*, sondern auch von dem *Löslichkeitszustande* der vorhandenen Stoffe ab. Die Pflanzenwurzel ist ohne Zweifel befähigt, mit Hilfe der in ihr enthaltenen lösenden Agentien (Säuren) selbst schwer lösliche Bestandteile der in unmittelbare Berührung mit ihr gelangenden Bodenpartikel sich anzueignen, aber die hierbei stattfindende Nährstoffaufnahme ist in den meisten Fällen nur eine beschränkte, weil die Wurzel auf dem Wege durch das Stoffgemenge, das wir „Boden" nennen, immer nur auf eine beschränkte Anzahl von festen, zu ihrer Ernährung geeigneten Substanzen stöfst. Die Ernährung kann daher allermeist nur dann eine vollständige sein, wenn auch der bewegliche, überall mit der Wurzel in Berührung kommende Bodenbestandteil, nämlich das Bodenwasser, die zur Speisung der Pflanzen nötigen Stoffe aufgelöst enthält.

Um über die Nährstoffmengen, die in den verschiedenen Böden den Pflanzen wirklich zur Verfügung stehen, den Aufschlufs zu erhalten, den die Gesamtanalyse des Bodens nicht gibt, ist man seit langer Zeit bemüht gewesen, Lösungsmittel ausfindig zu machen, die etwa dasselbe leisten, wie die Pflanze selbst, also aus dem Boden die Nährstoffmengen in Lösung bringen, die für die Pflanzenwurzel unter günstigen Verhältnissen aufnehmbar sind. Derartige Versuche stofsen natürlich auf grofse Schwierigkeiten. Einmal sind die Mengen von Pflanzennährstoffen, die die verschiedenen Pflanzen in sich aufnehmen, sehr verschieden, sie hängen zum Teil von der Tiefe und Stärke ihrer Bewurzelung, zum Teil aber auch von dem jeder Pflanzengattung eigentümlichen, bei den verschiedenen Pflanzen verschieden grofsen Lösungs- und Aneignungsvermögen ab. Ferner erstreckt sich die natürliche Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen über einen langen Zeitraum, innerhalb dessen die mannigfaltigsten, in ihrem Verlauf wiederum von den verschiedenartigsten Verhältnissen (Temperatur, Bodenfeuchtigkeit, mechanischer Zusammensetzung des Bodens u. a. m.) abhängigen, die Löslichkeit der Bodenbestandteile beeinflussenden Vorgänge im Boden sich vollziehen, während die chemische Analyse immer nur die im *Augenblick der Untersuchung* in irgend einem Lösungsmittel löslichen Stoffmengen nachweist u. a. m. Dennoch lassen Untersuchungen der neueren Zeit der Hoffnung Raum, dafs es auf diesem Wege gelingen wird, wenigstens für gleichartige Böden hinsichtlich ihres Gehalts an leichter zugänglichen Nährstoffen wertvolle Aufschlüsse zu gewinnen. Auch die Gesamtanalyse in Verbindung mit der Feststellung des Gehalts an feinsten Teilchen und der mineralogischen Beschaffenheit der gröberen Gesteinstrümmer (gröberer Quarz, Kalk, Phosphate, schwerer oder leichter verwitternde Silikate u. a. m.) bietet nach mehr als einer Richtung schätzbare Anhaltspunkte für die Beurteilung des augenblicklichen und des dauernden Fruchtbarkeitszustandes mancher Bodenarten. Sie belehrt darüber, ob man von einem

Boden eine gewisse *Nachhaltigkeit* erwarten darf oder auf baldige *Erschöpfung* rechnen mufs. Sie läfst ferner mit gröfster Sicherheit erkennen, ob gewisse, für die Pflanzen notwendige Stoffe in so geringer Menge vorhanden sind, dafs sie, selbst wenn völlig aufnehmbar, für die Erzielung gröfserer Ernten nicht ausreichen. So ist leicht zu berechnen, dafs der *Kali-* und allermeist auch der *Phosphorsäure*gehalt der *Moorböden,* bisweilen auch der *Sandböden,* nicht ausreichen würde, um normale Ernten weniger Jahre zu versorgen. Auch der durch die Analyse ermittelte *Kalk-* und *Stickstoff*gehalt der Sand- und Moorböden läfst in den allermeisten Fällen einen zuverlässigen Schlufs zu, ob ihnen in der Düngung diese Stoffe zugeführt werden müssen oder nicht. Weit schwieriger liegen die Verhältnisse bei den *Ton-* und *Lehmböden.*

Nach den vorstehenden Erörterungen erscheint in den meisten Böden ein reiches Gedeihen der Pflanzen nur dann gesichert, wenn diese die notwendigen Nährstoffe nicht blofs in Form der festen Bodenbestandteile, sondern auch im Bodenwasser gelöst vorfinden. Der Gehalt der Bodenflüssigkeit an Pflanzennährstoffen steht aber in innigster Beziehung zu einer allen Böden in gröfserem oder geringerem Mafs eigentümlichen Fähigkeit, gewisse im Bodenwasser gelöste Stoffe aus ihrer Lösung auszuscheiden und bis zu einem gewissen Grade festzulegen. Diese Fähigkeit nennt man das *Absorptionsvermögen* des Bodens.

§ 101.

Die Bodenabsorption. Läfst man durch einen Boden eine Lösung von Kaliumchlorid hindurchsickern, so wird ein Teil des Kaliums von ihm festgehalten, das ablaufende Wasser enthält den anderen Teil des zugeführten Kaliums, während das Chlor in ganzer Menge wieder erscheint, nun aber zu einem dem Kaliumdefizit entsprechenden Teil an ein anderes, aus dem Boden aufgenommenes Metall, z. B. an Natrium oder Calcium, gebunden ist. Diese Erscheinung bezeichnet man als *Bodenabsorption.* Das Absorptionsvermögen des Bodens macht sich, wie schon das obige Beispiel erkennen läfst, für verschiedene Stoffe in sehr verschiedenem Mafse bemerklich. Im allgemeinen läfst sich sagen, dafs von den in Frage kommenden Stoffen *Phosphorsäure, Kalium* und *Ammonium* am stärksten, in geringerem Grade *Natrium,* noch schwächer *Calcium* und *Magnesium,* und gar nicht oder fast nicht *Chlor, Schwefelsäure* und *Salpetersäure* absorbiert werden. Am leichtesten verständlich ist die Absorption solcher Stoffe, die mit Bodenbestandteilen unlösliche oder schwerlösliche Verbindungen eingehen. Lösliche *Phosphorsäure*salze finden im Boden Calcium- oder Eisenverbindungen, mit denen sie sich zu schwerlöslichem Calciumphosphat oder Eisenphosphat umsetzen, das dann als fester Bodenbestandteil zurückbleibt. In ähnlicher Weise kann die

Anwesenheit freier Humussäure, freier Kieselsäure (deren Vorkommen allerdings problematisch ist, § 12) auf die Abscheidung von gelöstem *Kalium, Calcium, Magnesium* u. a. in Form der schwer löslichen Humate und Silikate hinwirken. Der gröfsere Teil der Absorptionserscheinungen ist aber zweifellos auf Wechselzersetzungen der im Boden vorkommenden Doppelsilikate mit den im Bodenwasser gelösten Salzen, also auf Wirkungen zurückzuführen, die wir früher als „komplizierte Verwitterung" bezeichnet und eingehender erörtert haben (§§ 45, 46).

Namentlich sind es die in der *Feinerde* der Böden enthaltenen *wasserhaltigen*, leicht zersetzlichen *Doppelsilikate* und unter diesen besonders die Zeolithe,[1]) die mit den im Bodenwasser gelösten Verbindungen in Wechselwirkung treten, z. B. in der Weise, dafs ein wasserhaltiges Natrium-Aluminiumsilikat in Berührung mit gelöstem Kaliumsulfat gegen einen Teil seines Natriums Kalium eintauscht (also Kalium „absorbiert"), während das ausgetretene Natrium mit der freigewordenen Schwefelsäure Natriumsulfat bildet und der Auswaschung durch das Bodenwasser verfällt. Das *Mafs* derartiger Umsetzungen und *die Art der Endprodukte* hängt, wie früher eingehend besprochen wurde, von der chemischen Affinität (Verwandtschaft) und der Menge der in Wirkung tretenden Stoffe, so namentlich auch des Wassers ab. Sind die auf die festen Bodenbestandteile, z. B. auf den Zeolith einwirkenden Salze in *grofsen* Wassermengen gelöst, so wirkt auch immer nur eine geringe Menge von Salzpartikeln auf die festen Partikel des Zeoliths ein, die Umsetzung vollzieht sich langsam, es kann ein grofser Teil der absorptionsfähigen Stoffe durch das Bodenwasser aus dem Bereich des chemischen Vorganges entfernt, ja, wenn sich die Wassermenge noch vermehrt, der bereits absorbierte Stoff mit den absorbierenden Bodenbestandteilen wieder in Lösung gebracht und ausgewaschen werden. Umgekehrt wird, falls die absorptionsfähigen Salze in *kleinen* Wassermengen gelöst sind, der Angriff auf die festen Bodenbestandteile ein energischerer sein und die Absorption schnell erfolgen.[2])

---

[1]) In der Bodenkunde rechnet man gewöhnlich zu den „Zeolithen" alle jene Doppelsilikate, denen eine besonders grofse Umsetzungsfähigkeit mit Salzen eigen ist (z. B. auch den Leucit). Dafs diese Mineralien in erster Linie die Absorptionserscheinungen hervorrufen, geht namentlich daraus hervor, dafs die Böden mit hervorragendem Absorptionsvermögen besonders reich an Zeolithen sind, und dafs die Absorptionskraft durch die Zerstörung der letzteren, durch Einwirkung von starken Säuren (§ 16) oder durch Glühen vernichtet, durch Zusatz gewisser Silikate erhöht werden kann.

[2]) Mit diesen Erwägungen steht eine grofse Reihe von leicht zu beobachtenden Tatsachen in vollem Einklang. Die Menge der absorbierten Stoffe schwankt je nach den *Mengen,* in denen diese dem Boden zugeführt werden,



Die meisten Absorptionserscheinungen lassen sich ungezwungen auf chemische Vorgänge zurückführen, einige von ihnen scheinen aber durch die *mechanische* Beschaffenheit gewisser Bodenbestandteile beeinflufst zu werden. Wenn z. B. Ammoniak und Ammoniumkarbonat von Böden, die reich an sauren Humusstoffen sind, Zeolithe aber nicht enthalten, in besonders grofser Menge festgehalten wird, so kann das nicht auf die Bildung schwerlöslicher Verbindungen zurückgeführt werden, da das Ammoniumhumat in Wasser leicht löslich ist, es läfst sich vielmehr nur durch eine *physikalische Anziehung* des Humus zum Ammoniak, also durch eine Wirkung erklären, wie sie z. B. die Holzkohle auf Gase oder auf Farbstoffe, der Ton auf Fettstoffe u. s. w. ausübt.[1])

§ 102. *Bedeutung der Absorptionsvorgänge.* Das Absorptionsvermögen für gewisse wichtige Pflanzennährstoffe ist für den Haushalt des Bodens und in erster Linie für seine Aufgabe, den Pflanzen als Nährstoffbehälter zu dienen, von gröfster Bedeutung. Die Absorptionsvorgänge verhüten es, dafs jene Nährstoffe, soweit sie von Natur im Boden enthalten sind und durch den unablässig fortschreitenden Verwitterungsprozefs löslich werden, und soweit sie durch den Dünger in die Acker- und Wiesenerde gelangen, dem auswaschenden Einflufs der atmosphärischen Niederschläge verfallen. Ferner stehen sie einer erheblichen *Konzentrierung der Bodenflüssigkeit* entgegen. Es ist festgestellt, dafs Nährstofflösungen, die in 1000 Teilen mehr als wenige Teile gelöster Salze enthalten, auf das Gedeihen der Pflanzen unheilvoll wirken. Je mehr aber infolge der Verdunstung der prozentische Gehalt des Bodenwassers an gelösten Nährstoffen steigt, um so energischer wird die Absorption (s. o.), um so mehr wird durch die Bodenbestandteile festgelegt, also der Lösung entzogen. Aus der Bodenlösung nehmen die Pflanzen den gröfseren Teil ihrer Nahrung auf. Dadurch wird sie fortwährend verdünnt und somit fähig gemacht, die vorher absorbierten Stoffe wieder aufzulösen. Das Absorptionsvermögen übt mithin auf die *Verhinderung von Nährstoffverlusten* und auf die *gleichmäfsige Ernährung* der Pflanzen den heilsamsten Einflufs aus.

---

und nach ihrer *Verbindungsform.* — Aus ***konzentrierteren*** Lösungen werden gröfsere Mengen absorptionsfähiger Stoffe durch den Boden zurückgehalten als aus ***verdünnteren.*** — Starke Regengüsse oder seitlich in den Boden eindringende Wassermassen können dem Boden grofse Mengen von bereits absorbierten Stoffen ***entziehen.*** — Bei Bewässerungsanlagen werden durch das Rieselwasser nicht selten gröfsere Nährstoffmengen aus dem Boden ausgelaugt als zugeführt, wenn dasselbe an Nährstoffen selbst sehr arm ist (§ 86) u. a. m.

[1]) Ostwald bezeichnet neuerdings die auf Flächenanziehung (Oberflächenenergie), also auf einem physikalischen Vorgang beruhende Absorption als „Adsorption“.

Auf der andern Seite kann sie einer *schnellen und reichen Versorgung* der Vegetation mit Nährstoffen im Wege stehen, weil die Wiederauflösung, namentlich der fester gebundenen Stoffe, eine gewisse Zeit erfordert und daher nicht immer in ausreichendem Maſse gerade dann erfolgt, wenn die Pflanze nach besonders reicher Nahrung verlangt. Es ist daher von Wichtigkeit, daſs gleiche Wechselwirkungen, wie sie die Absorption der Nährstoffe hervorrufen, die absorbierten Stoffe auch wieder in Lösung bringen können. Treten mit Zeolithen, die Kalium absorbiert hatten, *gröſsere* Mengen von Natrium-, Calcium-, Magnesium-Verbindungen (Karbonate, Sulfate, Nitrate, Chloride) in Wechselwirkung, so erfolgt nach den früher erörterten Gesetzen wieder ein Austausch der Metalle in der Weise, daſs ein Teil des Kaliums wieder in Lösung übergeführt und durch ein in überwiegender Menge vorhandenes Metall ersetzt wird.

Einer der wichtigsten Pflanzennährstoffe, die *Salpetersäure,* unterliegt nicht der Bodenabsorption. Daher kommt es, daſs einerseits die Zufuhr von leichtlöslichen Nitraten zu stickstoffbedürftigen Pflanzen eine auffällig schnelle Wirkung ausübt, und daſs andererseits die von den Pflanzen nicht aufgenommene Salpetersäure sehr bald dem auswaschenden Einfluſs des Bodenwassers verfallen kann.

Das gröſste Absorptionsvermögen für Kalium- und Ammoniumverbindungen zeigen im allgemeinen die an leichtzersetzlichen Doppelsilikaten besonders reichen Bodenarten, und dahin gehören in erster Linie die *Ton- und Lehmböden,* in zweiter erst die Kalkböden, weil hier die vorwiegenden Calciumverbindungen einer Wiederauflösung des festgelegten Kaliums und Ammoniums, sowie einer Überführung der Ammoniumsalze in nicht absorbierbare Salpetersäureverbindungen günstig sind. Die Phosphorsäure wird in allen drei Bodenarten etwa gleich stark absorbiert.

Durch ein besonders geringes Absorptionsvermögen zeichnen sich die Sand- und die Moorböden, und unter den letzteren namentlich die Hochmoorböden aus.

§ 103. *Beeinflussung der Bodenabsorption durch menschliches Eingreifen.* Während es bei den stark absorbierenden Böden (s. o.) im Interesse einer schnellen und ausgiebigen Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen eher darauf ankommen wird, das Absorptionsvermögen zu mäſsigen, empfiehlt es sich bei den Sand- und Moorböden, zur Verhütung groſser Nährstoffverluste, auf dessen Steigerung hinzuwirken. Im ersteren Fall bietet die Zufuhr von Natrium- und Calciumverbindungen (Kochsalz, Chilisalpeter, Gips, Kalkmergel),[1]) im letzteren das Aufbringen von tonigen

[1]) Soweit diese Substanzen nicht einen für die Pflanzen notwendigen Nährstoff zuführen sollen, bezeichnet man sie der lösenden Wirkung wegen, die sie auf die im Boden vorhandenen Pflanzennährstoffe ausüben, als *indirekte Düngemittel.*



Stoffen, z. B. von Tonmergel, Seeschlick u. dergl., ein wirksames Mittel, den gewünschten Zweck zu erreichen.

§ 104.

Das Bodenwasser. Das in den Boden eindringende und dessen Hohlräume erfüllende Wasser bringt aus der atmosphärischen Luft die aus dieser aufgenommenen Gase und festen Stoffe mit. Da das Lösungsvermögen des Wassers für Kohlendioxyd weit gröſser ist als für Sauerstoff, und für Sauerstoff gröſser als für Stickstoff, so ist das Verhältnis dieser drei Luftarten im Bodenwasser ein ganz anderes als in der Atmosphäre.[1]) Infolge des Sauerstoffverbrauchs innerhalb des Bodens und der Kohlendioxyd-Bildung bei der Oxydation der organischen Bodenbestandteile verschiebt es sich immer mehr zu ungunsten des Sauerstoff- und zu gunsten des Kohlendioxydgehalts. Auſser diesen gasförmigen Bestandteilen enthält das in den Boden eindringende Wasser stets etwas Ammoniak, das aus den Fäulnisvorgängen, die sich an der Erdoberfläche vollziehen, in die Atmosphäre gelangt, sowie salpetersaures und salpetrigsaures Ammonium. Die Menge dieser Stoffe ist sehr gering und sehr wechselnd.[2]) In Berührung mit den festen Bodenbestandteilen nimmt das Bodenwasser eine Reihe von Stoffen auf, deren Art und Menge im wesentlichen abhängig ist von der Beschaffenheit der ersteren, dem Gehalt des letzteren an Kohlendioxyd und von dem Mengenverhältnis, worin Wasser und Boden zu einander stehen. Über die Zusammensetzung des Bodenwassers sind wir deswegen im unklaren, weil es nur durch Zufuhr groſser Wassermengen aus dem Boden sich herausdrängen läſst, hierbei aber infolge der Veränderung des Verhältnisses zwischen Wasser und festen und gelösten Bodenbestandteilen in seiner Zusammensetzung Veränderungen erleiden muſs. Die Beschaffenheit des aus dem Boden flieſsenden Wassers, des „Sicker-“ oder „Drainwassers“, das nur bei einem Wasserüberschuſs im Boden austritt, läſst daher nicht ohne weiteres auf den Gehalt der Bodenflüssigkeit unter normalen Verhältnissen, sondern höchstens darauf schlieſsen, ob sie an diesem oder jenem Stoff hervorragend reich oder arm ist.

---

[1]) Auf 100 Raumteile Sauerstoff kommen

in der Atmosphäre . . . 378 Rtl. Stickstoff und ca. 0,15 Rtl. Kohlendioxyd
in einem mit diesen Gasarten gesättigten Wasser 50 „ „ „ „ 3333 „ „ .

[2]) Nach vielfachen Untersuchungen dürfte die jährlich auf 1 ha Bodenfläche in Form der genannten Stickstoffverbindungen gelangende Stickstoffmenge etwa 12 kg betragen.

§ 105. Das *Sicker-* oder *Drainwasser.* So wenig Aufschlufs das aus den Böden absickernde Wasser über die Beschaffenheit des flüssigen Bodenbestandteils gibt (s. o.), so ist die Zusammensetzung der Drainwässer doch insofern von Wichtigkeit, als sie die Mengen von Nährstoffen beurteilen läfst, die durch das Wasser dem Boden entzogen werden, und als das Drainwasser unter Umständen dazu benutzt werden kann, um anderen Böden befruchtende Stoffe zuzuführen. Seine Beschaffenheit richtet sich unter sonst gleichen Verhältnissen nach der Art und Behandlung (Bodenbearbeitung, *Düngung)* des Bodens, dem es entstammt, und nach der Wassermenge, die darauf einwirkte. Drainwasser von Böden, die aus *sauren* Gesteinen (§ 31, 1) entspringen, pflegen an *Kalium-* und *Natrium*verbindungen reich zu sein, während die aus *basischen* Gesteinen (§ 31, 2) gebildeten Böden an *Calcium-* und *Magnesium*salzen reiche Wässer liefern. Die ersteren nennt man (wegen ihres Verhaltens beim Waschen) „weiche“, die letzteren „harte“ Wässer. Starke Düngung des Bodens mit Kalisalzen erhöht den Gehalt der Drainwässer an Calciumverbindungen sehr beträchtlich (Wechselzersetzung). Bei starkem Humusgehalt des Bodens ist das Sickerwasser braun gefärbt, falls die Humusstoffe sauer reagieren oder weiches Wasser auf sie einwirkte, gelblich oder farblos, wenn die Humusstoffe in Form von humussauren Salzen (Calciumhumat, Magnesiumhumat) vorhanden sind oder unter dem Einflufs von hartem Wasser stehen.

Ferner müssen die Stoffe, für die der Boden ein geringeres Absorptionsvermögen besitzt, im Sickerwasser reichlicher vertreten sein. Im allgemeinen wird dieses reicher an *Natrium-, Calcium-, Magnesium*verbindungen sein als an *Kalium*verbindungen. *Schwefelsäure* und *Chlor* werden in gröfseren Mengen aus dem Boden ausgelaugt, die *Phosphorsäure* dagegen, die mit Calcium und Eisen schwerlösliche Salze bildet, bleibt im Boden zurück, und die Drainwässer sind fast sets sehr arm daran. Aus Böden, in denen die Bedingungen für Bildung von *Salpetersäure* günstig liegen, oder denen diese im Dünger zugeführt wird, laugen die Drainwässer grofse Mengen dieses wertvollen Stoffes aus, während das leicht absorbierbare Ammoniak (§ 101) nur in geringem Grade in das Drainwasser gelangt.

Höhere Bodentemperatur steigert den Gehalt der Sickerwässer an gewissen Stoffen, so an Nitraten: infolge der verstärkten Salpetersäurebildung (§ 52); an anderen Salzen: weil durch die vermehrte Kohlensäurebildung ein gröfserer Teil der Bodenbestandteile in Lösung gebracht wird.

In den allermeisten Fällen ist der Gehalt des Drainwassers an festen Stoffen sehr gering, er überschreitet nur selten ein Tausendstel der Wassermenge. Dennoch kann unter Umständen die durch das Drainwasser fortgeführte Menge an wichtigen Bodenbestandteilen sehr grofs sein.

Nach Untersuchungen von v. Seelhorst, Kreydt und Wilms verlor ein auf 1,25 m Tiefe drainierter Lehmboden in guter Kultur durch das abfliefsende Wasser auf ha und Jahr:

Stickstoff in Form von Salpetersäure, salpetriger Säure und Ammoniak	Kali	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Phosphorsäure (geschätzt zu etwa)
4,4 kg	8,4 kg	630 kg	140 kg	182 kg	2 kg .

An freiem Sauerstoff pflegen aus früher besprochenen Ursachen die Drainwässer ärmer, an Kohlendioxyd reicher zu sein, als die mit der atmosphärischen Luft in Berührung befindlichen Wässer. Auch können sie unter Umständen pflanzenschädliches Schwefelwasserstoffgas enthalten. Falls die Sickerwässer zur Befeuchtung anderer Böden benutzt werden sollen, empfiehlt es sich daher, sie vorher längere Zeit mit dem atmosphärischen Sauerstoff in Berührung zu bringen, wobei ein grofser Teil des Kohlendioxyds entweicht, der Schwefelwasserstoff zerstört[1]) und freier Sauerstoff aufgenommen wird. (Vergleiche auch § 86.)

Auf einem mit Pflanzen bestandenen Boden sind infolge der gesteigerten Verdunstung die Sickerwassermengen kleiner als auf dem nackten Boden, und es wird durch das abfliefsende Wasser dem bewachsenen Boden an Stoffen weniger entzogen als dem nackten, obwohl die aus dem ersteren austretenden Lösungen unter Umständen konzentrierter sein können, als die Sickerwässer des nicht bewachsenen Bodens.[2])

Die folgende Tabelle gibt die Zusammensetzung einiger Drainwässer aus verschiedenen Bodenarten wieder.

---

[1]) Der Schwefelwasserstoff scheidet hierbei häufig freien Schwefel aus: ($H_2S + O = H_2O + S$).

[2]) Sehr deutlich wird dies durch Untersuchungen von Dr. J. Hanemann zur Anschauung gebracht. Aus 50 kg eines als calciumkarbonathaltiger Alluviallehm zu bezeichnenden Bodens traten an Sickerwasser und in diesem gelösten festen Stoffen (in g) aus:

Boden	Sickerwasser	Gelöste Stoffe:							
		Kohlensäure	Salpetersäure	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Chlor
Unbewachsen . . .	7080	0,42	0,21	0,17	0,19	0,57	0,11	0,39	0,09
Bewachsen mit Klee .	2650	0,24	0,09	0,05	0,05	0,38	0,05	0,20	0,05
Bewachzen m. Sommerweizen	2041	0,22	0,01	0,04	0,04	0,28	0,05	0,17	0,07.

Dabei waren enthalten in 100000 Teilen des Sickerwassers:

	in dem unbewachsenen	dem mit Klee	dem mit Weizen bewachs. Boden
an festen Stoffen	46,4	53,0	50,7 Teile.

Zusammensetzung einiger Drainwässer
(nach Wolff, Krocker, Moor-Versuchs-Station).

In 100 000 Teilen Wasser waren enthalten:

Bodenart	Organische Stoffe	Kohlensäure	Salpetersäure	Mineralstoffe	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Chlor	Kieselsäure
Lehmiger Sand . . .	2,6	12,4	Spur	32,1	0,2	2,4	12,3	1,5	Spur	0,6	1,4	0,7
Tonboden auf Kalkunterlage	2,5	7,2	0,1	39,1	0,2	1,4	13,4	3,5	0	12,2	0,5	0,7
Niederungs - Moorboden (stark mit Kainit gedüngt) .	22,9	6,5	17,0	130,1	6,3	15,8	43,3	2,9	0,1	33,8	24,2	2,2
Hochmoorboden . . .	11,4	0,2	0,3	12,4	1,2	2,3	2,9	0,4	0,02	2,5	1,3	2,1

Kapitel V.

Kurze Charakteristik der Hauptbodenarten.[1])

§ 106.

Die Steinböden oder *Böden mit einem so hohen Gehalt an nicht oder nur wenig zersetzten gröberen Gesteinstrümmern, dafs sie die wichtigsten Bodeneigenschaften wesentlich beeinflussen.* Bilden die Gesteinstrümmer nahezu die einzigen Bestandteile, so bezeichnet man diese Böden als eigentliche *Schuttböden* („Schotter-“, „Breccien-“, „Tuffböden“), falls sie noch auf dem Muttergestein aufliegen; als *Geröllböden,* wenn sie durch Wasser oder Eis von ihrer Bildungsstätte fortgeführt sind. Derartige Böden sind, gleichgültig welchem Gestein sie entstammen, höchstens zur Holzzucht geeignet.

Ist bereits ein Teil der Gesteinsbrocken zu *Feinerde* (§ 75) zerfallen, oder haben sich neben dem Geröll zugleich feinerdige Verschwemmungsmassen abgesetzt, so können diese Böden einen hohen Grad von Fruchtbarkeit besitzen. Dieser richtet sich namentlich nach der Beschaffenheit des Muttergesteins. Von ihr hängt es natürlich ab, ob die Steinböden unter dem Einflufs der Verwitterungsagentien in kürzerer oder längerer Zeit in Sandboden, Lehm-, Ton- oder Kalkboden übergehen.

Im allgemeinen sind die Steinböden den *trockenen* und *warmen* Böden zuzurechnen.

§ 107.

Die Sandböden. (Vergl. auch § 32, 2.) Als Sandböden bezeichnet man solche *Böden, in denen mit dem blofsen Auge erkennbare, im Wasser schnell zu Boden sinkende sandige Gemengteile überwiegen und den Charakter des Bodens bestimmen.* Die Sandpartikel können aus reinem Quarz oder auch aus noch unzersetzten, feinkörnigen Gesteinselementen: Glimmer, Feldspat, Hornblende, ferner aus Eisenoxyd, Calciumkarbonat u. a. bestehen. Wenn auch die Sandböden, entsprechend ihrem überwiegenden Gehalt an reinem Quarzsand, durchweg zu den leichten (§ 76, Anm. 1), an Pflanzennährstoffen nicht besonders reichen Bodenarten gehören, so weisen sie doch je nach ihrer Zugehörigkeit zu dieser

---

[1]) Nach der eingehenden Behandlung der „bodenbildenden Gesteine“ (§§ 30 bis 33) und der „Vorgänge bei der Bodenbildung“ (§§ 34 bis 64) glaube ich mich hier kurz fassen und bezüglich zahlreicher Einzelheiten auf die genannten Kapitel verweisen zu können.



oder jener Formation,[1]) ihrer Herkunft von reicheren oder ärmeren Gesteinen sehr grofse Unterschiede in ihrem natürlichen Fruchtbarkeitszustande auf. Je nach dem Vorwalten gröberer oder feinerer Korngröfsen unterscheidet man zwischen *Kies, Grand, grobem Sand, Perlsand* und *feinem Sand.* Nach den früheren Bemerkungen (§ 33, 2) über den Einflufs der Korngröfse auf den Gehalt der diluvialen Sande und Grande an Quarz, Feldspat und Kalk wird man von vornherein in den Sandböden des Diluviums mit einem beträchtlicheren Gehalt an groben Körnern (2—0,5 mm) einen weit gröfseren Reichtum an Feldspat und Calciumkarbonat, also eine höhere Fruchtbarkeit zu suchen haben, als in den Sandböden, in denen die (fast nur aus Quarz bestehenden) Körner von 0,5—0,05 mm bei weitem vorwiegen. Den letzteren sind auch die Dünen- und Flugsandböden des Alluviums ähnlich, die zu über 95 $^0/_0$ aus reiner Kieselerde zu bestehen pflegen. Dagegen wird man in den staubfeinen Sandböden häufig einen hohen Kalkgehalt erwarten dürfen.[2]) Beimengungen von Ton und Humus werden durch die Bezeichnungen: *Lehmiger Sand, humoser* (oder auch „*anmooriger*") *Sand,* gröfsere Beimengungen von Eisenoxyd oder Eisenhydroxyd durch die Bezeichnung „eisenschüssig" oder „eisenstreifig" angedeutet. Falls sie nicht tonige oder humose Stoffe enthalten, besitzen die Sandböden meist Einzelkornstruktur, ihre Wasserkapazität ist in diesem Fall sehr gering, und zwar um so geringer, je grobkörniger sie sind. Mit dem gröberen Korn nimmt auch das Wasserdurchlassungsvermögen zu. Die Sandböden gehören daher im allgemeinen zu den *trockenen* Böden. Ihre Durchlüftbarkeit ist infolgedessen grofs, ihre spezifische Wärme, entsprechend dem geringen Wassergehalt, klein. Sie erwärmen sich schnell, kühlen sich aber auch rasch ab. Bei ihrem geringen Wassergehalt, ihrer guten Durchlüftung und starken Erwärmung zersetzen sich in den Sandböden die humusbildenden Stoffe sehr rasch (daher die Bezeichnung: „*tätige*" oder auch „*warme*" Böden).

Bei dem geringen Absorptionsvermögen der Sandböden werden die infolge der fortschreitenden Verwitterung löslich werdenden und die in der Düngung zugeführten Nährstoffe leicht ausgewaschen. Die Düngung wirkt schnell, aber nicht nachhaltig.

Zufuhr von tonreichen und humusbildenden Stoffen (z. B. von Moorerde, Stalldung, Ton- und Lehmmergel, Seeschlick, Teichschlamm, Be-

[1]) Beispielsweise zeichnen sich die Keuper-Sandböden vor den Böden der Buntsandsteinformation meist durch einen höheren Gehalt an Kalk und Ton aus. (S. ferner das verschiedene Verhalten der Alluvial- und der Diluvialsande S. 104.) Es empfiehlt sich daher, bei der Kennzeichnung eines Sandbodens seine Zugehörigkeit zu dieser oder jener Gesteinsformation zum Ausdruck zu bringen. Ein Gleiches gilt auch für die Ton-, Lehm- und Kalkböden.

[2]) In der Tat sind die „Mergelsande" (§ 33, 2) nicht selten gute Weizenböden.



wässerung mit schlickreichem Wasser u. a.) ist das beste Mittel, um die der Kultivierung der Sandböden ungünstigen Eigenschaften abzuschwächen. Ton- und humushaltige Sandböden in feuchter Lage sind vom landwirtschaftlichen Standpunkt aus den dankbareren Böden zuzurechnen.

Im entschiedensten Gegensatz zu den Sandböden stehen:

§ 108.

Die Tonböden. (Vergl. auch § 33, 3.) Das sind *Bodenarten, die zu mindestens 50 Prozent aus abschlämmbaren festen Teilen bestehen,* deren Menge aber auch auf 75 Prozent steigen kann. Steinige und grobsandige Beimengungen fehlen in den eigentlichen Tonböden (Unterschied von den „Lehmböden"). Die Eigenschaften der Tonböden können je nach ihrer Struktur und nach dem Vorhandensein oder Fehlen von Beimengungen, die auf die Eigentümlichkeiten der Tongesteine mildernd einwirken, sehr verschieden sein. Je freier der Ton von derartigen Beimengungen ist, umsomehr tritt die *Einzelkornstruktur* mit ihren für den Pflanzenwuchs ungünstigen Folgen hervor (§ 76). Die Bezeichnungen: „bindig", „zäh", „steif", „streng", „verschlossen" sind charakteristisch für den reinen Tonboden.[1]) Er besitzt eine sehr hohe *Wasserkapazität,* geringe *Durchlässigkeit* für Wasser und ist daher, namentlich wenn auch seine Unterlage von schwerdurchlässigen Schichten gebildet wird, den *nassesten* Bodenarten zuzurechnen. Auf der anderen Seite ist seine *Kapillarität* und daher auch sein *Verdunstungs*vermögen sehr grofs. Beim Austrocknen vermindert er sein *Volum,* er wird hart und rissig, und die verkleinerten Bodenkapillaren setzen dem Eindringen des Wassers grofse Schwierigkeiten entgegen. Bei der sehr geringen Anzahl nicht kapillar wirkender Hohlräume ist die *Durchlüftung* des Tonbodens von Natur eine sehr mangelhafte, und da auch wegen des meist vorhandenen Wasserreichtums seine *spezifische Wärme* sehr hoch, seine Erwärmbarkeit also gering ist, so erfolgt die Zersetzung der humusbildenden Pflanzenteile langsam und nimmt nicht selten einen für das Gedeihen der Kulturpflanzen ungünstigen Verlauf.

Alle diese für die Kultivierung des Tonbodens wenig günstigen Eigenschaften werden erheblich abgeschwächt, wenn er unter geeigneter Behandlung *Krümelstruktur* annimmt, oder wenn ihm von Natur Stoffe beigemengt sind, die die *Plastizität* des Tons vermindern (Sand, Kies, Steine), oder den Eintritt der Krümelstruktur befördern (Calciumverbindungen, humose Stoffe u. a.).

An *Pflanzennährstoffen* pflegen die Tonböden hervorragend reich zu sein. Ihr *Absorptionsvermögen* ist besonders grofs; deswegen und

---

[1]) Zu den reinsten Tonböden sind die der Tertiärformation angehörigen zu rechnen.

wegen der oben angedeuteten Eigenschaften gehören sie zu den *wenig tätigen* oder *trägen* Böden. Aus allen diesen Ursachen kann kaum eine andere Bodenart für zweckmäfsige Kulturmafsregeln sich so dankbar erweisen, als der Tonboden. Diese haben vor allem die *Beseitigung des schädlichen* Wasserüberflusses, die Beförderung der *Durchlüftung* durch Wasserentziehung, durch mechanische *Auflockerung* und Zufuhr lockernder Stoffe, durch Herbeiführung der *Krümelstruktur*, Herabminderung der *Absorption* durch Calciumverbindungen und andere geeignete Stoffe („indirekte Düngemittel") ins Auge zu fassen.[1]

Auf der anderen Seite aber setzt keine andere Bodenart der Kultivierung so grofse Schwierigkeiten entgegen, als die reinen Tonböden, und die jeweiligen *Witterungsverhältnisse* sind so ausschlaggebend für das Gelingen der Kulturmafsnahmen (*Verschlämmung*, Rissigwerden!), dafs selbst bei vorsichtigster Behandlung die Tonböden den *unsichersten* Bodenarten zuzurechnen sind.

§ 109.

Die Lehmböden (vgl. auch § 33, 3) bestehen aus einem meist eisen- und kalkhaltigen *Gemisch von tonigen und sandigen Teilen, worin die letzteren überwiegen.* Sie enthalten im Gegensatz zu den Tonböden auch grobkörnigere Bestandteile. Der Gehalt an feinsten abschlämmbaren Teilchen kann etwa 20—30 % betragen. Die Lehmböden mit gröfserem Sandgehalt bezeichnet man als *sandige* (auch „milde" oder „mürbe"), die mit geringerem als *tonige* (auch „strenge", „zähe" oder „schwere") Lehme. Der Sand läfst sich beim Anfühlen und mit dem Auge bei den ersteren deutlich, bei den letzteren nur beim Aufschlämmen in Wasser erkennen. Je nach dem gröfseren oder geringeren Sandgehalt sind die Eigenschaften der Lehmböden sehr verschieden. Während die „strengen" Lehmböden hinsichtlich ihres Verhaltens zum *Wasser*, zur *Durchlüftung* und *Erwärmung* den Tonböden nahe kommen, erscheinen die charakteristischen Eigenschaften des Tones bei den sandigen Lehmböden in hohem Grade abgeschwächt. Diese sind weniger *„bindig"* und der *Krümelbildung* günstiger, ihre *Wasserkapazität* ist geringer, ihre *Durchlässigkeit* gröfser. Sie trocknen daher leichter aus, sind aber dem eindringenden Wasser zugänglicher. Sie erwärmen sich schneller, die Durchlüftung stöfst auf geringere Schwierigkeiten, die Zersetzung der humusbildenden Pflanzenreste geht in ihnen schneller vor sich. An *Pflanzennährstoffen* pflegen die Lehmböden nicht so reich zu sein als die Tonböden, auch ist ihr *Absorptionsvermögen* im allgemeinen geringer, den

---

[1]) Zu den wertvollsten Tonböden gehören die Seemarschböden des nordwestlichen Deutschlands, ferner die Flufsmarschböden in den Tälern der Elbe, Oder, Weichsel, Memel.

gewöhnlichen Sandböden sind sie nach beiden Richtungen erheblich überlegen. Besonders geschätzt sind die Löfslehmböden, wie sie sich in grofser Ausdehnung im Oder-, Elbe- und im Rheingebiet finden.

§ 110.

Kalk- und Mergelböden (vergl. § 33, 4 und 5) nennt man solche *Böden, die neben wechselnden Mengen von tonigen und sandigen Bestandteilen einen erheblichen Gehalt an Calciumkarbonat oder an Calciumkarbonat und Magnesiumkarbonat aufweisen.* Bilden diese Karbonate den Hauptbestandteil des Bodens, so dafs sandige und tonige Beimengungen ganz zurücktreten, so hat man es mit *eigentlichen Kalkböden* oder, wenn neben Calciumkarbonat auch Magnesiumkarbonat in etwa gleicher Menge vorhanden ist, mit *Dolomitböden* zu tun. Sind in einem Boden erheblichere Mengen von Calciumkarbonat gleichmäfsig in einer sandigen oder tonigen oder sandig-tonigen Grundmasse verteilt, so wird er als *Mergelboden* (oder, bei gleichzeitiger Anwesenheit gröfserer Mengen Magnesiumkarbonat, als „dolomitischer Mergel") bezeichnet.

Die *eigentlichen Kalkböden* gehören nicht blofs wegen ihrer Armut an wichtigen Pflanzennährstoffen, sondern auch wegen ihrer ungünstigen physikalischen Eigenschaften (namentlich wegen ihrer Trockenheit) zu den unfruchtbarsten Bodenarten. Dagegen sind die *Mergelböden* landwirtschaftlich von hoher Bedeutung. Je nach dem gröfseren oder geringeren Gehalt an Calcium- (bezw. Magnesium-) Karbonat[1]) unterscheidet man zwischen *tonigem* oder *lehmigem Mergelboden* und *mergeligem Ton-* oder *Lehmboden.* Der erstere enthält 30 bis 80 %, der letztere 2 bis höchstens 30 % Calciumkarbonat. In den Mergelböden mit mittlerem Ton- und Kalkgehalt sind die charakteristischen Eigenschaften des Tones durch die

[1]) Von der An- oder Abwesenheit von Karbonaten kann man sich leicht dadurch überzeugen, dafs man auf eine Probe des Bodens verdünnte Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure, § 10) giefst. Karbonate werden dadurch z. B. nach folgender Gleichung zersetzt:

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$
$$\text{oder } MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + H_2O + CO_2.$$

Das entweichende Kohlendioxyd macht sich durch „Aufbrausen" bemerklich, dessen gröfsere oder geringere Stärke auf einen gröfseren oder schwächeren Gehalt an Karbonaten schliefsen läfst. Ein Aufbrausen durch die ganze mit Säure benetzte Masse hindurch deutet auf eine gleichmäfsige Verteilung des Karbonates. Ist letzteres nur in gröberen Partikeln dem Boden beigemengt, so findet das Aufbrausen auch nur stellenweise statt. *Calcium*karbonat kann in dieser Weise mit Salzsäure schon in der Kälte, ja auch mit starkem Essig (Verdünnte Essigsäure) nachgewiesen werden. Die Zersetzung von ***Magnesium***karbonat (Dolomitböden) erfolgt meist erst beim Erwärmen des mit Säure übergossenen Bodens.

Beimengung von Calciumkarbonat in glücklichster Weise gemäfsigt. Die Mergelböden sind zur *Krümelbildung* sehr geneigt, die *Wasserkapazität* des Tons ist auf ein für die *Durchlüftung* und *Erwärmung* günstiges Mafs herabgedrückt. Die *Humusbildung* erfolgt unter diesen Verhältnissen, befördert durch die Anwesenheit des Karbonates, leicht; zugleich ist das letztere der Überführung des *Pflanzenstickstoffs* in *Salpetersäure* günstig. Der Gehalt an Pflanzennährstoffen ist häufig ein sehr hoher, das *Absorptionsvermögen* für Phosphorsäure ist hoch, für Kali nicht so hoch, dafs es einer schnellen Verwertung des Bodenkali durch die Pflanzen im Wege steht. Die Mergelböden gehören mithin zu den „tätigen“ Böden. Am günstigsten für die Kultur verhält sich der zu den mergeligen Ton- und Lehmböden gehörige, oft bis auf grofse Tiefe stark humose *Löfsboden* (z. B. Magdeburger-Börde); ferner die gleichfalls dem Diluvium angehörige *Russische Schwarzerde* („Tschernosem“), sowie der ihm nach Entstehung und Aussehen verwandte „Cujavische“ Boden im östlichen Teil der Provinz Posen und der im übrigen dem Löfs nahe stehende, aber ebenso wie Tschernosem und Cujavischer Boden an Humus, den Rückständen einer üppigen Grasvegetation, besonders reiche Steppenboden des mittleren und südlichen Rufslands. Dagegen nehmen mit steigendem Kalkgehalt die kulturellen Vorzüge der Mergelböden um so mehr ab, je mehr sie sich den eigentlichen Kalkböden nähern, und je mehr der Tongehalt durch sandige Teile ersetzt ist.

Eine bemerkenswerte Eigenschaft aller Kalkböden ist es, dafs das Calciumkarbonat verhältnismäfsig schnell aus den oberen Schichten in die Tiefe gewaschen wird (§§ 41 und 47, 3).

§ 111.

Die Humusböden (vergl. § 53) sind *Sand-, Ton-, Lehm- und Kalkböden, die durch gröfsere Beimengungen von humosen Stoffen dunkel gefärbt und auch in ihren übrigen Eigenschaften, nicht selten zum Vorteil für ihre landwirtschaftliche Verwertung, erheblich verändert sind.* Wie früher erörtert worden ist, befördert eine Beimengung von Humusstoffen bei den meisten Böden den Eintritt der *Krümelstruktur,* bei den Sandböden (auch bei den sehr kalkreichen Kalkböden), indem sie die Einzelkörner zu Kornaggregaten „verkitten“, bei den Tonböden und Lehmböden, indem sie deren Kohärenz verringern. Hierdurch wird zum Nutzen für den Pflanzenwuchs die *Wasserkapazität* der Sandböden vergröfsert, die der Tonböden verringert, in allen Fällen die *Durchlüftung* des Bodens erleichtert und seine *Erwärmungsfähigkeit* erhöht, falls nicht seine Wasserverhältnisse dadurch in ungünstiger Weise verändert worden sind. Sehr wesentlich ist der Humusgehalt insofern, als durch ihn der Boden zugleich mit *Stickstoff* angereichert wird (s. die

Tabelle S. 144). Der grofse Stickstoffgehalt in Verbindung mit der vorhandenen Bodenfeuchtigkeit ist allerdings zugleich die Ursache für die starke Unkrautwüchsigkeit der humosen Böden. Ungünstig können die Humusstoffe auf den Kulturwert der Böden auch insofern wirken, als sie die Erscheinung der Spätfröste und des Auffrierens (§ 90, Anm. und § 76) fördern. Endlich sind sie namentlich bei mangelhafter Durchlüftung der Entstehung schädlicher Reduktionsvorgänge günstig.[1])

§ 112.

Die Moorböden. (Vergl. §§ 56 bis 64.) Nach den früheren eingehenden Erörterungen über die Moorbildung versteht man unter Moorböden solche *Böden, die im wesentlichen nur aus den Resten abgestorbener Pflanzen bestehen.* Von den Mineralböden unterscheiden sich die Moorböden also dadurch, dafs ihre *mineralischen* Bestandteile weit hinter den *verbrennlichen* zurücktreten (Tab. I, S. 144), durch ihr sehr geringes *Volumgewicht* (Anm. S. 145) und ihren unter natürlichen Verhältnissen auffällig hohen *Wassergehalt.* Bei ihrer hervorragenden *Wasserkapazität* sind die Moorböden im Naturzustande den „nassen“ und „kalten“ Böden zuzurechnen. Sie sind *schwer durchlässig,* daher auch schwer *durchlüftbar* und zu ungünstigen Zersetzungsprozessen geneigt. Mit Wasser vollgesogen, erwärmen sie sich nur langsam und unterliegen sehr leicht im Winter dem *„Auffrieren“,* im Frühjahr den *„Spätfrösten“.* Beim Austrocknen erleiden sie erhebliche *Volumänderungen* (§ 79). Eine kräftige Wasserentziehung gestaltet jedoch ihr Verhalten zum Pflanzenwuchs so günstig, dafs man zweckmäfsig behandelte Moorböden zu den dankbarsten Kulturmedien rechnen darf. Eine allzu starke Wasserabzapfung wirkt — abgesehen von anderen schlechten Folgen — besonders deswegen ungünstig, weil Moor, das bis zu einem bestimmten Grad ausgetrocknet ist, nur äufserst schwer sich wieder benetzt.[2]) Ist ein Moorboden auf das richtige Mafs entwässert, so erwärmt er sich zufolge seiner dunklen Färbung schnell, und sein *hohes Kapillarvermögen*, das ihn befähigt, in trocknen Zeiten die den Pflanzen nötige Feuchtigkeit aus den

[1]) Die Formen der Humusböden sind so mannigfaltig, dafs eine eingehendere Beschreibung hier nicht möglich ist. Es sind dahin zu rechnen die sogenannten „anmoorigen“ Böden, d. s. Sandböden in feuchterer Lage, die von den Resten abgestorbener Heidepflanzen durchsetzt sind, ferner die meisten See- und Teichschlammböden, der See- und Flufsmarschboden („Kleiboden“), die Schwarzerden (s. o.).

[2]) Wird eine Moorfläche durch irgend einen Vorgang von ihrer natürlichen Pflanzendecke entblöfst, so kann sie unter dem Einflufs der Sonnenstrahlen an der Oberfläche zu einer pulvrigen Masse austrocknen, die Wasser nicht mehr aufnimmt und gleichwie feiner Dünensand vom Winde bewegt wird. („Moorwehen“ oder „Mullwehen“.)

tieferen Schichten heraufzuholen, gewährt ihm vor den meisten Mineralböden einen erheblichen Vorzug.

Der Gehalt der verschiedenen Moorböden an *Pflanzennährstoffen* richtet sich in erster Linie nach der Art der Pflanzen, aus denen sie entstanden sind, und weiterhin nach den Umständen, die bei ihrer Entstehung mitgewirkt haben (§ 56 u. ff.). Alle Moorböden sind arm an *Kalium*verbindungen. Die *Hochmoorböden* enthalten gewöhnlich auch so wenig *Calcium-* und *Stickstoff*verbindungen, dafs für die Erzielung befriedigender Ernten diese Stoffe ihnen zugeführt werden müssen. Dagegen zeichnen sich die *Niederungsmoorböden* allermeist durch einen hohen Gehalt an *Calcium-* und *Stickstoff*verbindungen, bisweilen auch an *phosphorsauren* Salzen aus. Während die Hochmoorböden an zufälligen Bestandteilen höchstens geringe Mengen von übergewehtem *Sand-* oder *Ton*staub enthalten, finden sich in den Niederungsmooren nicht selten gröfsere Beimengungen von *Sand, Ton, Wiesenkalk, Eisenerzen.* Die Übergangsmoore stehen hinsichtlich ihres Gehaltes an mineralischen Bestandteilen und an Stickstoffverbindungen zwischen Hoch- und Niederungsmoorböden. Sie sind daran um so ärmer, je mehr hochmoorbildende Pflanzen sich an ihrer Entstehung beteiligt haben.

Die in den Moorböden enthaltenen Pflanzennährstoffe, und namentlich ihr Stickstoff, sind den Kulturpflanzen um so leichter zugänglich, je vollkommener humifiziert die moorbildenden Pflanzenreste sind. Noch schneller werden die Mineralstoffe des Moorbodens für die Pflanzen aufnehmbar, wenn er gebrannt wird („Brennkultur", s. Kulturtechnik); hierbei gehen die humussauren Salze in Karbonate über, ein Teil des Moorstickstoffs wird in Ammoniak übergeführt, auch erleiden die Phosphorverbindungen heilsame, ihre Aufnahme durch die Pflanzen erleichternde Umwandlungen, deren Natur noch nicht klar erkannt ist. — Im allgemeinen unterliegen die moorbildenden Pflanzen der Niederungsmoore der Zersetzung leichter, als die der Übergangsmoore, und diese leichter, als die der Hochmoore. Kräftige *Durchlüftung* und, bei den Hochmooren, Zufuhr *kalkreicher* Stoffe wirken energisch auf die Humusbildung ein. Sobald die Pflanzenreste ihre pflanzliche Struktur verloren haben, stellt sich auf beiden Moorbodenarten unter dem Einflufs geeigneter Behandlung bald *Krümelstruktur* mit ihren heilsamen Folgen ein.

Die physikalischen Eigenschaften der Moorböden werden auf das günstigste beeinflufst durch Bedeckung oder Vermischung ihrer oberen Schichten mit geeigneten mineralischen Bodenarten. Das erstere geschieht bei der Rimpau'schen *Dammkultur* („Sanddeckkultur"), das letztere bei der *Niederländischen „Moorkultur"* („Sandmischkultur") s. (Kulturtechnik). Beide Kulturverfahren haben zunächst die Wirkung, dafs der lose, weiche Moorboden an seiner Oberfläche *fester* und dem Zugvieh und schwerem

Ackerwerkzeug zugänglich wird. Ferner wird das *Kapillarvermögen* des Bodens und damit die *Verdunstung* wesentlich herabgesetzt. Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station ergaben, dafs von dem im Verlauf eines Jahres auf den Boden fallenden Regenmengen verdunsteten:

Auf dem nackten Moor	Auf dem an der Oberfläche mit Sand gemischten Moor	Auf dem mit grobem Sand bedeckten Moor
29,3 %	25,5 %	11,6 %.

Die Vermischung und mehr noch die Bedeckung der Mooroberfläche mit mineralischem Boden wirkt mithin *feuchtigkeiterhaltend* auf den Moorboden.[1]) Einen so behandelten Moorboden wird man daher ohne Gefahr, dafs er zu stark austrockne, weit tiefer entwässern *dürfen*, als das nackte Moor, aber auch weit tiefer entwässern *müssen*, wenn er nicht für die Kulturgewächse zu nafs bleiben soll.[2])

Infolge der geringeren Verdunstungsgröfse und der geringeren Wasserkapazität der oberen Bodenschicht besitzt der mit Sand bedeckte Moorboden in den wärmeren, für die Vegetation besonders wichtigen Jahreszeiten eine höhere *Durchschnittstemperatur*, als der an der Oberfläche mit Sand gemischte, und dieser eine höhere als der nackte Moorboden.[3]) Im Durchschnitt eines Jahres wurde die Temperatur bei 11 cm Tiefe wie folgt gefunden:

---

[1]) Die Ursache dieser Erscheinung liegt nahe. Auf dem nackten Moor wird das an der Oberfläche verdunstende Wasser immer wieder vermöge der starken Kapillarkraft des Moorbodens von unten her ersetzt. Bei dem mit Sand bedeckten Moor erfolgt der Ersatz weit langsamer, der Boden trocknet an der Oberfläche fast ganz aus, wodurch die Verdunstung erheblich herabgesetzt wird. Bei dem an der Oberfläche mit Sand gemischten Moor kann zwar der vorhandenen Moorteilchen wegen mehr Wasser an die Oberfläche gelangen, immerhin sind aber die aufsaugenden Kapillaren durch die Sandkörner derartig unterbrochen, dafs der kapillare Aufstieg ein langsamerer, die Verdunstung also vermindert wird. Es kommt hinzu, dafs auch das im Regen auffallende Wasser, das vom nackten Moor schon an der Oberfläche zurückgehalten wird und hier der Verdunstung anheimfällt, durch die durchlässigere Moor-Sand-Mischung und noch mehr durch die reine Sanddecke rasch hindurchdringt und so der Verdunstung entzogen wird.

[2]) Die Gefahr der übermäfsigen Bodennässe ist beim Moorboden besonders grofs. Um den Pflanzen zu gute zu kommen, müssen dessen Bestandteile erst Umwandlungen erleiden (s. o.), die nur bei kräftiger Durchlüftung sich vollziehen. Fehlt die letztere, so finden bei keinem Boden leichter als hier andersartige, dem Pflanzenwuchs verhängnisvolle Umsetzungen statt (§ 84).

[3]) Ob die niedrigere Durchschnittstemperatur des nackten Moores zu einem Teil auch auf ein stärkeres Wärmeausstrahlungsvermögen der rauhen und dunklen Oberfläche zurückzuführen ist, wird durch die bisher vorliegenden Versuche noch nicht entschieden.

Im nackten Moorboden	In dem an der Oberfläche mit Sand gemischten Moor	In dem mit Sand bedeckten Moor
7,92°	8,41°	9,01°
	Differenz: 0,5°	Differenz: 0,6°.

An Stelle des von dem Erfinder der Moordammkultur Th. H. Rimpau zum Bedecken des Moores benutzten, ziemlich grobkörnigen Sandes sind mit mehr oder weniger gutem Erfolg auch andere mineralische Bodenarten verwendet worden. Überschreitet die *Grobkörnigkeit* des Sandes ein gewisses Mafs, so wirkt er überhaupt nicht mehr kapillar, die Verdunstung wird völlig gehemmt, und es liegt die Gefahr vor, dafs der Boden zu nafs bleibt.[1]) Sehr *feinkörniger* Sand begünstigt zwar die Verdunstung, beschränkt aber durch dichte Zusammenlagerung das Eindringen der Luft. Dasselbe läfst sich von sehr *tonreichen* Bodenarten sagen. So gut eine schwache Beimengung von tonigen Bestandteilen insofern wirken kann, als sie den losen Sand befestigt und vor dem Verwehen schützt, so unheilvoll verhält sich eine an Ton sehr reiche Decke. Sie stört die Durchlüftung und wird beim Austrocknen hart und rissig. Eine Beimengung von *Kalk* ist der Entstehung der Krümelstruktur in der Bodendecke und dadurch dem Pflanzenwuchs sehr günstig. Aufserdem macht er die aus etwa vorhandenem Eisenkies entstehenden Pflanzengifte unschädlich (§ 23). Falls diese in gröfserer Menge im Bedeckungsmaterial oder im Moor vorhanden sind, können sie das Gedeihen der Moordammkulturen auf das äufserste gefährden.[2])

---

[1]) Siehe darüber auch § 81.

[2]) Von dem etwaigen Vorhandensein schädlicher Stoffe im Boden kann man sich leicht durch folgenden kleinen Versuch überzeugen. Der verdächtige Boden wird in kleine Blumentöpfe gefüllt, diese mit einigen keimfähigen Haferkörnern besät und an einen luftigen, hellen Ort gestellt. Die jungen Pflänzchen sind reichlich mit Feuchtigkeit zu versehen. Ist Schwefeleisen im Boden vorhanden, so geht dieses allmählich in Schwefelsäure und Ferrosulfat (§ 23) über, die Pflanzen fangen an zu kränkeln und sterben ab. Zweckmäfsig läfst man einen Parallelversuch mit zweifellos giftfreiem Boden nebenher laufen.

Um zu prüfen, ob Fehlstellen auf einer Moordammkultur auf die Anwesenheit schädlicher Schwefelverbindungen zurückzuführen sind, mischt man eine Probe des Sandes in einem Wasserglas mit einer Messerspitze fein zerriebenen „roten Blutlaugensalzes“ (aus Drogenhandlungen zu beziehen) und durchfeuchtet dann das Gemenge mit wenig Wasser; die Anwesenheit von Ferrosulfat macht sich dann durch Blaufärbung der ganzen Masse oder durch das Auftreten blauer Punkte bemerklich. (Das rote Blutlaugensalz, eine Verbindung von Kalium, Eisen und dem Radikal Cyan (CN oder Cy) von der Zusammensetzung K_3FeCy_6. gibt beim Zusammentreffen mit Ferroverbindungen, z. B. mit Ferrosulfat, eine tiefblau gefärbte Verbindung, genannt Turnbulls Blau.)

Literatur zum I. Abschnitt.

Appelt, E., Pflanze und Boden. Breslau, W. G. Korn, 1889.

Berendt, G., Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte, Bd. II, Heft 3; Bd. III, Heft 3, u. a.

Biedermann, B., Beiträge zu der Frage der Bodenabsorption. Chemnitz, E. Focke, 1869.

Braungart, R., Die Wissenschaft in der Bodenkunde. Berlin u. Leipzig 1876.

Credner, Elemente der Geologie. Leipzig und Heidelberg 1876.

Detmer, W., Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der allgemeinen landwirtschaftlichen Bodenkunde.

Fesca, M., Die agronomische Bodenuntersuchung und -kartierung. Berlin. Wiegandt, Hempel und Parey. 1879.

— Beiträge zur agronomischen Bodenuntersuchung und -kartierung. Berlin, P. Parey, 1882.

von Fischer-Benzon, Die Moore der Provinz Schleswig-Holstein. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Hamburg, Bd. XI, Heft III.

Fleischer, M., Mitteilungen über die Arbeiten der Moor-Versuchs-Station in Bremen, I, II, III. Berlin, P. Parey, 1883, 1886, 1891.

— Die Torfstreu, ihre Herstellung und Verwendung. Bremen, M. Heinsius Nachf., 1890.

— Zahlreiche Berichte in den Protokollen der Central-Moor-Kommission und in den Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur. Berlin, P. Parey.

Früh, J., Torf und Dopplerit. Zürich, J. Wurster, 1883.

Griesebach, Über die Bildung des Torfs in den Emsmooren. Göttinger Studien 1845. Göttingen 1846.

Gruner, H., Grundrifs der Gesteins- und Bodenkunde. Berlin, P. Parey, 1896.

— Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte. Blatt Lohm. Berlin, P. Parey, 1896.

Hellriegel, H., Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1883.

Jentzsch, A., Die Moore der Provinz Ostpreufsen. Protokoll der 5. Sitzung der Central-Moor-Kommission. Berlin 1878.

Keilhack, K., Einführung in das Verständnis der geologisch-agronomischen Spezialkarten des norddeutschen Flachlandes. Berlin 1901.

Knop, Der Kreislauf des Stoffs. Leipzig, H. Haessel, 1868.

— Die Bonitierung der Ackererde. Leipzig, H. Haessel, 1872.

Kohlenberg, A., Das schwimmende Land von Waakhausen. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, Bd. XV, 1897.

König, J., Die Pflege der Wiesen. Berlin, P. Parey, 1893.



König, J., und Böhmer, C., Über die Veränderungen und Wirkungen des Rieselwassers bei der Berieselung. Landwirtschaftl. Jahrbücher 1882—1885.

Krause, H. L., Die Existenzbedingungen der nordwestdeutschen Heidefelder. Globus 1897.

Lemberg, J., Über Silikat-Umwandlungen. Inaugural-Dissertation. Dorpat 1877.

Lorenz, J. B., Über Torfbildung. Entstehung, Verwendung, Wiedererzeugung des Torfs. Salzburg 1854.

Mayer, Ad., Lehrbuch der Agrikulturchemie. Heidelberg, C. Winter.

Meitzen, A., Der Boden und die landwirtschaftlichen Verhältnisse des Preufsischen Staates, Bd. V. Berlin, P. Parey, 1894.

Mitscherlich, A., Untersuchungen über die physikalischen Bodeneigenschaften. Habilitationsschrift. Merseburg 1901.

Noeggerath, J., Der Torf. Virchow und v. Holtzendorff, Sammlung wissenschaftlicher Vorträge. Berlin 1875, Ser. X, Heft 230.

Orth, A., Beiträge zur Bodenuntersuchung. Berlin, S. Calvary & Co., 1868.

— Kalk- und Mergeldüngung. Berlin, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, 1896.

Ramann, E., Forstliche Bodenkunde und Standortslehre. Berlin 1893.

— Die v. Post'schen Arbeiten über Schlamm, Moor, Torf und Humus. Landwirtschaftliche Jahrbücher, Berlin 1888.

— Anzahl und Bedeutung der niederen Organismen im Wald- und Moorboden. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, Berlin 1899.

— Organogene Ablagerungen der Jetztzeit. Neues Jahrbuch für Mineralogie etc., Band X.

Roth, J., Allgemeine und chemische Geologie.

— Flufswasser, Meerwasser, Steinsalz. Virchow und v. Holtzendorff, Sammlung wissenschaftlicher Vorträge, Serie XIII, Heft 306.

Sachfse, R., Lehrbuch der Agrikulturchemie. Leipzig, H. Haessel, 1888.

Salfeld, A., Die Kultur der Heideflächen. Hildesheim, Gerstenberg, 1882.

— Die Bodenimpfung. Bremen, M. Heinsius Nachf., 1896.

Schacht, T., Einiges über die Entstehung der Moore. Blätter für Moorkultur, Torfverwertung und Meliorationswesen. Deutsche Landwirtschaftliche Presse, Jahrg. X, No. 50.

Schmidt, C., Chemische Untersuchung der Schwarzerden. Baltische Wochenschrift, Dorpat 1880, 1881.

Schmoeger, M., Über den Phosphor im Moorboden. Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, Jahrg. XXVI, Heft 3.

— Untersuchungen über einige Bestandteile des Moores. Landwirtschaftliche Jahrbücher, Berlin 1896.

Sendtner, O., Die Vegetationsverhältnisse Süd-Bayerns. München 1854.

Senfft, F., Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen. Leipzig, W. Engelmann, 1862.

— Der Erdboden nach Entstehung, Eigenschaften und Verhalten zur Pflanzenwelt. Hannover, Hahn, 1888.

Stiemer, Über Moosbrüche. Vortrag in der Kurländischen Ökonomischen Gesellschaft. Mitau 1880.

Tacke, Br., Mitteilungen über die Arbeiten der Moor-Versuchs-Station in Bremen, IV. Berlin, P. Parey, 1898.

— Zahlreiche Berichte und Abhandlungen in den Protokollen der Central-Moor-Kommission, Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur (Berlin, P. Parey) u. a.

Vofsler, O., Die Begründung der landwirtschaftlichen Bodenkunde durch die heutige Geognosie. Festrede. Hohenheim 1868.

Wahnschaffe, F., Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung. Berlin, P. Parey, 1887.

Weber, C. A., Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoors von Augstumal im Memeldelta. Berlin, P. Parey, 1902.

— Bericht über die Tätigkeit des Botanikers der Moor-Versuchs-Station. Protokoll der 29. Sitzung der Central-Moor-Kommission. Berlin, P. Parey, 1897.

— Über die Vegetation zweier Moore bei Sassenberg in Westfalen. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, Bd. XIV, Heft 2.

— Über die fossile Flora von Honerdingen etc. Zur Kritik interglacialer Pflanzenablagerungen. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, Bd. XIII, Heft 3.

Wicke, H., Eine Exkursion nach dem schwimmenden Lande von Waakhausen. Journal für Landwirtschaft, Jahrg. 1868.

Wohltmann, F., Die chemische Untersuchung des Bodens und ihre Bedeutung für die Bonitierung des Ackers. Illustr. Landw. Zeitung, 19. Jahrg., 1899, No. 84 u. 85.

Wolff, E., Der grobsandige Liaskalkstein von Ellwangen. Stuttgart, E. Schweitzer, 1871.

— Der weifse Jura. Stuttgart, E. Schweitzer, 1878.

Wollny, E., Zahlreiche Abhandlungen in der Zeitschrift „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik.

Zweiter Abschnitt.

Botanik der kulturtechnisch wichtigen Pflanzen.

EINLEITUNG.

§ 1. Übersicht des Pflanzenreichs. Alle Pflanzen zusammen bilden das Pflanzenreich. Dieses zerfällt in zwei grofse Haupt-Abteilungen:

I. *Kryptógamae,* blütenlose oder Sporenpflanzen, niedere Pflanzen.[1])
II. *Phanerógamae,* Blüten- oder Samenpflanzen, höhere Pflanzen.

Eine Spore unterscheidet sich vom Samen dadurch, dafs in ihr kein Keim, kein Embryo enthalten, während in einem Samen die künftige Pflanze als kleines Gebilde, Embryo, bereits vorhanden ist.

Die Kryptogamae zerfallen wieder in folgende Abteilungen:

I. *Myxothallóphyta,* Schleim-Lagerpflanzen.
II. *Thallóphyta,* Lagerpflanzen.
  I. Klasse: *Schizóphyta,* Spaltpflanzen.
  II. „ *Algae,* Wasserfäden, Algen.
  III. „ *Fungi,* Pilze.
III. *Archegoniátae.*
  I. Klasse: *Bryóphyta,* Moospflanzen.
  II. „ *Pteridóphyta,* Farnpflanzen im weiteren Sinne.

Die Phanerogamae zerfallen in:

I. Klasse: *Gymnospérmae*, Nacktsamige (Samen *nicht* in einem Fruchtknoten.)
II. „ *Angiospérmae,* Bedecktsamige (Samen in einem Fruchtknoten.)

Die letztere Klasse umfafst fast alle Bäume, Sträucher und Kräuter. Sie zerfällt in:

I. Unterklasse: *Monocotylédones*, Einkeimblättrige.
II. „ *Dicotylédones*, Zweikeimblättrige.

§ 2. Hauptabteilung I. Kryptogamae. *Erläuterung zu ihren einzelnen Abteilungen.*

---

[1]) Nur beim *ersten* Vorkommen der Pflanzennamen wird, wo es zweckmäfsig erscheint, die Betonung angedeutet.



Zur ***I. Abtheilung, Myxothallophyta,*** gehören nur die *Myxomýcetes* oder Schleimpilze. Es sind Pflanzen ohne Chlorophyll (Blattgrün), deren Vegetationskörper eine membranlose Protoplasmamasse ist. Die Sporen entstehen meist im Innern von Behältern (Sporangien). Hierher die Lohblüte, bildet dottergelbe Schleimmassen auf Lohe. Die Schleimpilze haben oft eine amöbenartige Bewegung und stehen an der Grenze zwischen den niedersten Pflanzen und niedersten Tieren; man bezeichnet sie auch als Pilztiere.

II. Thallophyta oder Lagerpflanzen haben einen Vegetationskörper, der meist noch nicht in Stamm und Blatt gegliedert ist und deshalb als Thallus oder Lager bezeichnet wird. Sie haben niemals echte Wurzeln und auch keine Gefäfsbündel (Adern oder Nerven).

1. Klasse: *Schizophyta* sind meist sehr kleine, einzellige Pflanzen, die sich durch Zweiteilung vermehren. Sie zerfallen in zwei Unterklassen:

1. *Schizomýcetes*, Spaltpilze oder Bakterien. Meist farblos.
2. *Schizophýceae* oder *Cyanophyceae,* Spaltalgen. Meist blaugrün.

Die 2. Klasse, *Algae,* umfafst teils einzellige, teils vielzellige, meist im Wasser lebende, gewöhnlich rein grün, auch gelb, braun oder rot gefärbte Pflanzen. Hierher die kieselschaligen Algen oder Diatomeen (Kieselgur, Infusorien-Erde), die Wasserfäden, die braunen Tange etc.; vor allem auch die Gattung Chara, Armleuchter, die einem Schachtelhalm ähnlich sieht und sich in kalkhaltigen Gewässern mit Kalk inkrustiert, z. B. C. frágilis, zerbrechliche Chara. (Ähnlich Nitella, ohne Kalkinkrustation.) Beide meist in gutem Rieselwasser, obwohl der Geruch unangenehm, phosphorartig.

Die 3. Klasse *Fungi,* Pilze sind in mancher Beziehung den Algen ähnlich, haben aber kein Chlorophyll und müssen sich deshalb von anderen Pflanzen oder Tieren als Parasiten oder von organischen Verbindungen als Saprophyten (Fäulnifsbewohner) ernähren.

III. Archegoniatae. Meist in Stamm und Blatt gegliedert, mit zwei verschiedenen Generationen (Generationswechsel).

1. Klasse, Bryophyta, Moospflanzen. Ohne echte Wurzeln und ohne Gefäfsbündel (Adern), bei den niedersten Formen noch ein Thallus. Aus der Spore entwickelt sich eine Moospflanze. Diese trägt Archegonien und Antheridien. Die Archegonien sind die weiblichen (♀) Organe, sie haben die Gestalt einer Flasche oder eines Kochkolbens; im bauchigen Teil dieses Archegoniums bildet sich eine Zelle zur Eizelle aus. — Die Antheridien, die männlichen (♂) Organe, sind kugelige, ei- oder keulenförmige Körper, in deren Innern sich spiralig gewundene Samenfäden, Spermatozoiden bilden. Diese dringen in den Hals des Archegoniums ein und befruchten die Eizelle. Aus dieser Eizelle wird nun eine zweite Generation,

nämlich eine Mooskapsel mit einem Stiel, und diese Kapsel erzeugt auf ungeschlechtlichem Wege in ihrem Innern Sporen. — Die Moose zerfallen in Lebermoose und Laubmoose, zu letzteren gehören auch die Torfmoose, die Sphagnum-Arten.

2. Klasse: Pteridophyta, Farnpflanzen oder Gefäfskryptogamen. Mit echten Wurzeln und mit Gefäfsbündeln. Aus der Spore entsteht nicht gleich eine neue Pflanze, sondern ein sog. Prothallium, d. h. ein Thallus, meist ein flaches, grünes, auf der Erde sitzendes Gebilde. Dieses Prothallium trägt die Geschlechtsorgane, Archegonien und Antheridien, welche im Prinzip ähnlich wie die der Moose gebaut sind. Aus der Eizelle des Archegoniums entsteht nach der Befruchtung die neue Pflanze.



Fig. 1. Equisetum arvense.
a Laubsprofs; *b* Quirl der Fruchtähre; *c* ein Schildchen von oben, bei *d* von unten, bei *e* von der Seite mit den ausgebreiteten Sporenbehältern; *f, g* je eine Spore mit ihren Schleuderfäden. (Nach Garcke.)

Sie zerfallen in 3 Unterklassen: *Farnkräuter, Schachtelhalme* und *Bärlappgewächse.*

Uns interessiert besonders die Familie *Equisetáceae,* Schachtelhalme. Einzige Gattung *Equisétum* (Name bei Plinius, wörtlich Pferdehaar). Blätter klein, in Quirlen. Die unfruchtbaren Blätter der einzelnen Quirle miteinander zu einer Scheide verwachsen. Die fruchtbaren Blätter schildförmig, einem Hufnagel ähnlich, am Gipfel der Stengel einen *ährenförmigen* Sporangienstand (Blüte) bildend. Sporen grün, ihre Aufsenschicht in 2 spiralig aufgerollte hygroskopische Fäden (Schleudern) aufgeschlitzt. Unterirdischer Stengel, Rhizom (Wurzelstock oder Grundachse) sehr tiefliegend, meist schwarz, sehr verzweigt, seine Zweige bei manchen Arten zu rundlichen, rosenkranzförmig angereihten Knollen angeschwollen. Oberirdischer Stengel hohl, mit Längsleisten und Rillen. Zellwände der Oberhaut oft stark mit *Kieselsäure* inkrustiert.

a) Ährentragende und unfruchtbare Stengel verschieden.

Equisétum arvense (Fig. 1), Acker-Schachtelhalm, Kannenkraut, Zinnkraut (dient zum Polieren, noch mehr wird E. hiemale dazu benutzt). Ährentragender Stengel bleich, unverzweigt, im ersten Frühjahr *vor* dem grünen erscheinend, nach der Sporenreife, die sehr bald erfolgt, absterbend.

Äste der grünen Stengel meist 4—5- (selten 3-)kantig, meist unverzweigt. Auf lehmigem Sandboden lästiges Unkraut.

E. silvaticum. Fruchtbarer und unfruchtbarer Stengel gleichzeitig, ersterer bräunlich, nach der Sporenreife grün, dann Seitenzweige erzeugend. Unfruchtbarer Stengel hellgrün, Äste sehr fein, bogenförmig herabhängend, 4—5 kantig. Zweige 3 kantig. Scheidenzähne lanzettlich, pfriemlich zugespitzt, oft mehrere verschmolzen, Ähre rotbraun. — *E. pratense,* graugrün, Äste fein, horizontal oder überhängend, Scheidenzähne eiförmig, spitz. Ähre gelbbraun, Scheiden zierlich, bunt. — Nicht auf Wiesen, sondern in Wäldern. Sonst wie voriger.

b) Ährentragende und unfruchtbare Stengel gleichzeitig und gleichgestaltet.

E. palustre, Sumpf-Schachtelhalm, Katzensteert, Duwock. Stengel gelblich- oder grasgrün, gefurcht, meist ästig, Zentralhöhle eng, innere und äufsere Partie des Stengels leicht trennbar. Scheiden grün, zylindrisch, locker anliegend, oberwärts trichterförmig, die obersten glockenförmig, Zähne 6—10, 3eckig lanzettlich, oberwärts *schwarzbraun,* breit weifs berandet. Äste *meist 5 kantig,* ihre Scheidenzähne 3 eckig, aufrecht. Ähre dünn, schwarz. Sumpfwiesen. Sehr lästiges und dem Vieh, auch den Pferden, oft *sehr schädliches* Unkraut. Enthält (wie die andern Schachtelhalme) Aconitsäure und ein noch nicht näher untersuchtes Alkaloid. ♃. Mai, Juni. 30—60 cm. Von *E. arvense* nach Ascherson und Graebner meist durch die glänzend *schwarzen Astscheiden* leicht zu unterscheiden.

E. limosum (limosus schlammig), *E. heleócharis* (ἕλος Sumpf, χάρις Anmut, Zierde), Schlammschachtelhalm. Weniger in Sümpfen als in Teichen und fliefsendem Wasser. Stengel *hoch,* 30—120 cm, ziemlich dick, *einfach,* seltener ästig, glatt, nur gestreift, nicht gefurcht, Zentralhöhle sehr weit, innere und äufsere Partie des Stengels nicht trennbar. Scheiden aufrecht, *anliegend,* Zähne 15—18, schwarz, mit sehr schmalem weifsem Rande. — Meist viel gröfser als voriger. Soll von Pferden gern gefressen werden.

E. hiemale, Winter-Schachtelhalm. Stengel 1- oder 2jährig, hart, rauh, meist *einfach.* Scheiden eng, Zähne mit aufgesetzter, schnell abfallender häutiger Spitze. Feuchte, schattige Waldplätze, Brüche, nicht häufig. Die harten Stengel dienen des Kieselerdegehalts wegen als Poliermittel für Zinn, Holz etc., daher Zinnkraut, Scheuerkraut, Polierkraut.

Die Schachtelhalme lassen sich am besten durch Entwässerung und durch dichten Bestand guter Gräser oder Kleegewächse etc. vertilgen.

§ 3. Hauptabteilung II. Phanerogamae, *Blüten- oder Samenpflanzen. Erläuterung zu ihrer Einteilung in zwei Klassen.*

Die Phanerogamen haben echte Wurzeln und einen beblätterten Stamm (Sprofs). Die Blüte der Phanerogamen ist aufzufassen als ein be-

grenzter Sproſs, dessen obere Blätter die Geschlechtsorgane tragen. Spermatozoiden kommen nur bei sehr wenigen vor, meist werden Pollenkörner (d. h. Blütenstaub) in den männlichen Organen, den Staubbeuteln, erzeugt. In dem weiblichen Organ befinden sich nur bei den Gymnospermen noch mehrere Archegonien, sonst nur eins. Diese Archegonien sind aber sehr reduziert, haben z. B. keinen deutlichen Hals mehr. Aus der Eizelle des Archegoniums entwickelt sich eine neue Pflanze, wie bei den Farnpflanzen, aber diese tritt nicht wie dort gleich hervor, sondern bleibt vorläufig klein und liegt im Samen als *Embryo* verborgen. Dieser entwickelt sich gewöhnlich erst nach der Aussaat des Samens.

I. Klasse: Gymnospermae, Nacktsamige. Sie schlieſsen sich insofern näher an die Farne an, als sie noch Archegonien haben. Sie besitzen aber schon Fruchtblätter, indes diese schlieſsen sich nicht zu einem geschlossenen Behälter (Fruchtknoten) zusammen, sondern tragen an ihren Rändern oder an ihrer freien Oberfläche die jungen Samen, die in diesem jugendlichen Zustande Samenanlagen oder ovula genannt werden.

Hierzu gehören besonders die Familien der *Cycadáceae,* mit gefiederten Blättern, z. B. *Cycas revoluta,* deren Blätter man als sog. Palmenwedel auf die Särge legt, und die *Coníferae,* Zapfenträger oder Nadelhölzer, mit einfachen Blättern.

II. Klasse: Angiospermae, Bedecktsamige, d. h. Pflanzen mit Fruchtknoten. Diese Klasse ist in der Jetztzeit viel gröſser als die vorige. Die Fruchtblätter bilden einen geschlossenen Behälter, den *Fruchtknoten,* welcher die Samenanlagen einschlieſst und mit einer Narbe versehen ist, auf welche die Pollenkörner aus den Staubbeuteln gelangen. Sie zerfallen nach § 1 in die 2 Unterklassen Monocotyledones und Dicotyledones.

In den folgenden Kapiteln sollen von deren Pflanzen einige nach dem Maſsstab ihrer kulturtechnischen Wichtigkeit herausgehoben werden, jedoch unter Wahrung der botanischen Übersicht.

Erklärung der Abkürzungen und Zeichen.

A	= Andröceum, männl. Organ, Staubgefäſse.	0	= Null, fehlend.
		S	= Same.
B	= Blatt.	St	= Stengel, Halm.
Bl	= Blume, Blüte.	Stbb	= Staubblätter, Staubgefäſse.
Blb	= Blumenblatt.	⊙	= einjährig.
C	= Corolla, Blumenkrone.	⚇	= zweijährig.
Fr	= Frucht.	♃	= ausdauernd.
Frb	= Fruchtblätter.	♂	= männlich.
Frk	= Fruchtknoten.	♀	= weiblich.
G	= Gynöceum, weibliches Organ, Fruchtknoten, Griffel, Narbe.	☿	= zwitterig.
		♂, ♀	= getrennten Geschlechts.
K	= Kalyx, Kelch.		

Kapitel I.

Monokotyledonen, Einkeimblättrige.

§ 4.

Allgemeines. Embryo mit *einem* Keimblatt. Blätter meist mit *parallelen* Adern oder Gefäfsbündeln, Nerven. Stamm mit geschlossenen Gefäfsbündeln, d. h. die Gefäfsbündel haben kein Kambium, kein Bildungsgewebe und können sich daher nicht verdicken. In manchen Fällen treten aber neue Gefäfsbündel hinzu und der Stamm wird dadurch dicker, z. B. bei Palmen. Falls die Blüten seitlich stehen, was meist zutrifft, so entstehen sie im Winkel eines Deckblattes (Deckspelze) und haben meist *ein* hintenstehendes Vorblatt (Vorspelze), nicht zwei, wie die Dikotyledonen. Daher fällt dann ein äufseres B der Bl nach vorn. Die Blüten zeigen meist 5 Quirle, von denen jeder 3zählig ist, d. h. 1) Kelch (K) 3blättrig, 2) Krone oder Corolla (C) 3blättrig, 3) u. 4) Staubgefäfse oder Andröceum (A) in 2 übereinanderstehenden Quirlen zu je 3, 5) Fruchtknoten oder Gynöceum, 3blättrig. Man kann dies durch folgende Formel, Blütenformel, ausdrücken:

$$K\,3,\ C\,3,\ A\,3+3,\ G\,3.$$

Sind die Fruchtblätter verwachsen zu einer Kapsel oder dergl., so setzt man die betr. Zahl in Klammern, z. B. G (3). Ist der Fruchtknoten oberständig, wie gewöhnlich, so setzt man einen Strich darunter $G\,(\underline{3})$; ist er unterständig, so schreibt man $G\,(\overline{3})$. Kelch und Kronenblätter sind bei den Monokotyledonen oft gleich gefärbt, der Kelch ist z. B. oft nicht grün, sondern bunt, so scheint es dann, als wenn die Blüten 6 Blumenblätter hätten, z. B. die Liliaceen; oder beide Teile, Kelch und Krone, sind grünlich, wie z. B. bei den Juncaceen, Binsen. Wenn man zwischen Kelch und Blumenkrone nicht unterscheiden kann oder nur ein einziger Kreis vorhanden ist, spricht man von einem *Perigon* oder *Perianth* oder einer *Blütenhülle.*

§ 5. Übersicht der hier in Betracht kommenden *Monocotyledones* nach Engler:

A. Vorherrschende Unbeständigkeit in der Zahl der Blütenteile:

1. Reihe: *Pandanáles* (wörtlich Schraubenbaumblütige).

Familie 1. *Typháceae,* Rohrkolbengewächse.

„ 2. *Sparganiáceae,* Igelkolbengewächse.

2. Reihe: *Helóbiae* (wörtlich: im Sumpf lebende).
   Familie 3. *Potamogetonáceae,* Laichkrautgewächse.
   „ 4. *Juncagináceae.*
   „ 5. *Alismáceae,* Froschlöffelgewächse.
   „ 6. *Butomáceae,* Blumenbinsen.
   „ 7. *Hydrocharitáceae,* Froschbifsgewächse.

3. Reihe: *Glumiflórae,* Spelzblütige.
   Familie 8. *Gramíneae, Grámina,* echte oder süfse Gräser.
   „ 9. *Cyperáceae,* Riedgräser, Sauergräser.

4. Reihe: *Spathiflórae,* Scheidenblütige.
   Familie 10. *Aráceae,* Arongewächse.
   „ 11. *Lemnáceae,* Wasserlinsen.

B. Typisch 5 Quirle in der Bl, jeder meist 3zählig:

5. Reihe: *Liliiflórae,* Lilienblütige.
   Familie 12. *Juncáceae,* Binsengewächse.
   „ 13. *Liliáceae,* Liliengewächse.
   „ 14. *Iridáceae,* Schwertliliengewächse.

6. Reihe: *Microspérmae,* Kleinsamige.
   Familie 15. *Orchidáceae,* Orchideen, Knabenkrautgewächse.

§ 6.

Erste Reihe: Pandanales (Pandanus, Schraubenbaum, in den Tropen). Blüten nackt oder mit Perigon, ♂ und ♀ getrennt. Same mit Nährgewebe.

Fam. 1. Typhaceae, Rohrkolbengewächse. Blüten nackt. ♂ mit 2—5 Staubblättern, ♀ 1 Fruchtb auf zylindrischer, behaarter Achse. Kräuter mit meist dickem kriechendem Rhizom (Wurzelstock), 2zeiligen, linealischen Blättern und zylindrischen, unten ♀, oben ♂, kolbigen Blütenständen.

Typha, Rohrkolben (*τύφη* Pflanzenname bei Theophrastos etc.). Blätter 2zeilig. Windblüher, protogynisch, d. h. Narben eher entwickelt als die Staubgefäfse.

Typha latifolia, breitblätteriger Rohrkolben (Lieschkolben, Bumskeule, Schmackedutschke). Blätter meist blaugrün, breit-linealisch, Kolben dick, schwarz, ♂ und ♀ Teil dicht beisammen. ♃. 1,5—2,5 m. Juli, August. An Ufern von Seeen und Flüssen, in seichten Gewässern und Wiesenmooren.

Typha angustifolia, schmalblättriger Rohrkolben (Fig. 2). B *schmal-linealisch,* ♂ Ähre von der ♀ meist 2—4 mm entfernt, ♀ Bl in der Achsel eines Deckblattes. Kolben weit *dünner,* braun. ♃. 1—3m. Juli, August. An Ufern, in Teichen und Sümpfen, auch in Heidemooren (Hochmooren).

Fam. 2. ***Sparganiaceae***, Igelkolbengewächse, Bl ♂, ♀, mit häutigem Perigon. ♃. Sumpf- oder Wasserpflanzen, Ausläufer treibend. B breit, grasartig. Fr eine Steinfrucht. Samen mit mehligem Nährgewebe. Protogynische Windblüher.

Spargánium (Pflanzenname bei Dioskorides), Igelkolben. Laubblätter aufrecht oder im Wasser flutend. Bl in kugeligen Köpfen, untere Köpfe ♀, obere ♂. *S. **ramosum**,* Ästiger I. Blütenstand rispig verzweigt. *S. **simplex*** (Fig. 3), Blütenstand einfach; var. longissimum, flutende Blätter oft über 1 m lang, trocken meist sehr zerbrechlich. Beide Sparganium-Arten in Teichen, Seeen und Wasserläufen, seltener in Sümpfen. Zeigen gutes Rieselwasser an.



Fig. 2. Typha angustifolia.
a männliche, *b* weibliche Blüte, bei *c* längs durchschnitten, links mit einem Stützblättchen.
(Nach Garcke.)

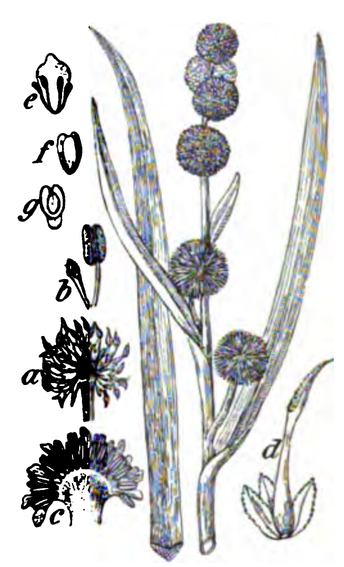


Fig. 3. Sparganium simplex.
a männl., *c* weibl. Blütenstand; *b* Staubgefäfs mit einem Schüppchen; *d* weibl. Blüte; *e* Früchtchen mit, bei *f* ohne Hülle, bei *g* querdurchschnitten.
(Nach Garcke.)

§ 7.

Zweite Reihe: Helóbiae (ἕλος Sumpf, *βιόω* ich lebe), **auch** *Fluviales* genannt. Bl meist cyklisch, d. h. in deutlich voneinander getrennten Quirlen: 1. Quirl Kelch, 2. Quirl Krone etc. Nährgewebe im Samen meist 0.

1. Unterreihe.

Bl unterständig, d. h. unter dem Frk, was überhaupt bei den meisten höheren Pflanzenfamilien der Fall. Meist ohne Hülle oder mit Perigon.

Fam. 3. Potamogetonaceae, Laichkrautgewächse. Bl ☿ oder ♂, ♀, mit 1—4 zähligen Quirlen. Untergetauchte oder schwimmende Wasserpflanzen.

Blütenstand eine Ähre. Bl ohne Perigon.

I. Ähre mit *flach* gedrückter Achse, zur Blütezeit in der Scheide des obersten Laubblattes. *Zostera marina,* Seegras (ζωστήρ Gürtel). Ganz untergetauchte Meeresbewohner, Pollen fadenförmig.

II. Ähre mit *stielrunder* Achse. Hierher die grofse Gattung *Potamogéton* (ποταμός Flufs, γείτων Nachbar). Stbb 4, mit *perigonartigen* rückenständigen Anhängseln des Mittelbandes. — Flutende Wassergewächse, meist *gutes Rieselwasser* anzeigend, in der Regel untergetaucht oder die oberen Blätter schwimmend. *P. natans,* schwimmendes Laichkraut (Fig. 4). Stengel 60—150 cm lang, untergetaucht. Blätter lanzettlich, schwimmende oval oder länglich, oft bräunlich, am Grunde meist schwach herzförmig, langgestielt. Teiche, Seeen, Gräben. *P. lucens,* spiegelndes L. B oval, alle untergetaucht, lebhaft grün, glänzend, kurzgestielt. *P. crispus,* krauses L. Blätter sitzend, lineal-länglich, wellig, kraus. *P. pectinatus,* kammförmiges. B grasartig, alle untergetaucht. St $^1/_3$—3 m. Dauert durch kurze Ausläufer aus, deren Endglieder knollig anschwellen. Diese Ausläufer entstehen sowohl an den unterirdischen wie an den im Wasser befindlichen Zweigen. *P. perfoliatus.* B stengelumfassend, eiförmig, alle untergetaucht. Blüht, wie die meisten Arten, Juni—August.



Fig. 4. Potamogeton natans.
a Blüte, bei *b* von oben gesehen; *c* Fruchtknoten; *d* die Früchtchen, bei *e* eins gesondert.
(Nach Garcke.)

Fam. 4. Juncaginaceae (Juncago bei Tournefort der Name für Triglochin). Bl bei uns ☿. P 3 + 3, A 3 + 3, G 3 + 3, auch 4 — 1 gliedrig, in Ähren.

Triglóchin, Dreizackbinse (τρεῖς drei, γλωχίς Spitze). Perigon abfallend, Fruchtblätter sich von einem stehen bleibenden Mittelsäulchen ablösend. Blätter grundständig, schmal, linealisch. *T. maritima,* Meeresstrand-Dreizack. Traube dicht, Fr eiförmig, unter der Narbe eingeschnürt, alle 6 Früchtchen ausgebildet. ♃. 15—75 cm. Juni—Aug. Moorwiesen

besonders auf *Salzboden,* an der See häufig. — *T. palustris.* Traube locker, Fr linealisch-keulenförmig, am Grunde verschmälert, nur 3 Früchtchen ausgebildet. Moorwiesen, Ufer. ♃. 15—60 cm. Juni—Sept.

Scheuchzeria (nach Joh. Jak. Scheuchzer, Stadtphysikus zu Zürich um 1800, und nach seinem Bruder Johann, einem tüchtigen Gräserkenner). Perigon bleibend. Frb nur am Grunde verbunden, bei der Reife abstehend. *S. palustris;* Moostorfsümpfe. Fr gelbgrün, grofs. Juni-Juli.

2. Unterreihe.

Bl unterständig, meist mit Kelch und Krone. Samenanlagen an der Bauchnaht.

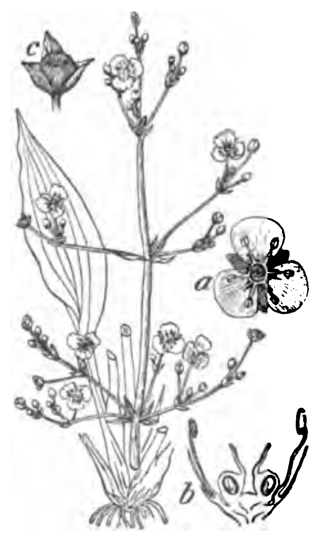


Fig. 5. Alisma Plantago.
a Blüte, bei *b* Längsschnitt; *c* die im Kreise vereinigten Trockenfrüchtchen (Samen).
(Nach Garcke.)

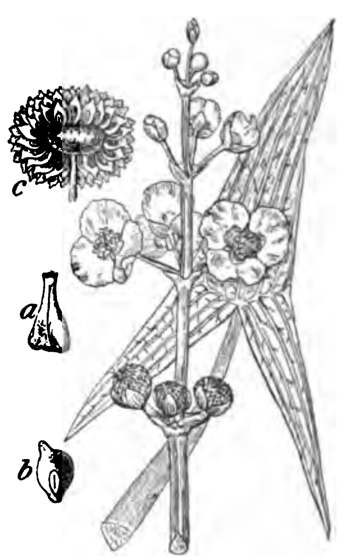


Fig. 6. Sagittaria sagittifolia.
a Fruchtknoten; *b* reifes Früchtchen; *c* Fruchtboden mit vielen Früchtchen.
(Nach Garcke.)

Fam. 5. Alismaceae. K 3, C 3, A 6—∞, G 6—∞, jedes Frb von dem anderen getrennt (wie bei den Ranunculaceae).

Alisma (Name einer Wasserpflanze bei Dioskorides). Wurzelstock (Grundachse) senkrecht, kurz, mit vielen Wurzeln. Blätter in grundständiger Rosette. Blütenachse flach. Stbb 6. — *A. Plantago,* gemeiner Froschlöffel (Fig. 5). Wurzelstock knollig-verdickt. Schaft aufrecht, bis 1 m hoch. Blätter langgestielt, eiförmig oder lanzettlich, einem Wegerichblatt (Plantago) ähnlich, die untersten aber, bei jungen Pflanzen alle,

langflutend, linealisch. Rispe sehr grofs, pyramidenförmig. Blumenblätter weifs oder rötlich. Früchtchen *zahlreich.* ♃. Ufer, Sümpfe, Gräben. Juni—Herbst. Enthält giftigen, weifsen Milchsaft.

Sagittaria, Pfeilkraut (sagitta Pfeil, wegen der Blattform). Blütenachse gewölbt. Stbb und Frb zahlreich. Früchtchen geflügelt und geschnäbelt. Laubblätter in grundständiger Rosette, meist pfeilförmig, mit langem Stiel. Blütenstand endständig, öfter in der Achsel des obersten Laubblattes ein seitenständiger. In den Achseln der andern Blätter bilden sich öfter verlängerte *Ausläufer,* deren Spitze zu einer *eichelförmigen* Knolle anschwillt. Diese wird im Herbst frei und treibt im Frühjahr abermals einen Ausläufer, an dessen Spitze sich eine neue Rosette bildet. Bl gestielt, in entfernten meist 3zähligen Quirlen.

S. sagittifolia, gemeines Pfeilkraut (Fig. 6). ♃. 30—90 cm hoch, in tiefem Wasser noch höher. Blb weifs mit purpurnem Nagel. Stehende und langsam fliefsende Gewässer. In tiefen, besonders fliefsenden Gewässern bilden sich die Pfeilblätter gar nicht aus, sondern nur linealisch flutende, gitterartig geaderte Blätter. Die bis walnufsgrofsen Knollen werden mitunter (nicht bei uns) gegessen; als „Bruch-Eicheln“ finden sie sich nicht selten in den Kröpfen der Enten (Ascherson und Graebner, Flora des nordostdeutschen Flachlandes, S. 68).

3. Unterreihe.

Bl unter- oder oberständig. Samenanlagen an der *Innenfläche* der Fruchtblätter.

Fam. 6. Butomaceae. Bl ⚥, 3gliedrig. Bei unserer Pflanze nach der Formel K 3, C 3, A 6 + 3, G 6. Fruchtblätter *getrennt,* mit vielen Samenanlagen an der Innenfläche. Balgfrüchte, d. h. auf einer Längsseite, hier innen, aufspringend. Blütenstand meist doldenähnlich.

Bútomus (Name einer Sumpfpflanze bei Aristophanes). ***B. umbellátus,*** Blumenbinse, Schwanenblume, Wasserliesch. Wurzelstock fast horizontal, unbegrenzt. Laubblätter zahlreich in grundständiger Rosette, linealisch, 3kantig, steif aufrecht. Schaft trägt eine Scheindolde (aus doldenförmigen Schraubeln). Blütenstiele ungleich lang, Perigonblätter *rosenrot.* Stehende und langsam fliefsende Gewässer. ♃. 90—150 cm. Juli, August.

Fam. 7. Hydrocharitaceae. Bl meist ♂, ♀ mit K und C, 3gliedrig. K 3, C 3, A 3 + (3 + 3 + 3 + 3), G (3 + ...) oder 2—15. Die inneren oder äufseren Stbb bisweilen in Staminodien umgewandelt. Frb verwachsen, unterständig, mit wandständigen Samenträgern und zahlreichen Samenanlagen. Fr 1fächrig, etwas fleischig, unregelmäfsig zerreifsend.

Unterfamilie 1. Vallisnerioideae. ♂ Bl sich vor der Entfaltung ablösend, entfaltet auf dem Wasser schwimmend. Frb 3. Blätter sitzend (bei unserer Pflanze in Quirlen). Hierher u. a. *Vallisneria spiralis*

aus Südeuropa, mit spiralig gewundenem, langem Stiele der ♀ Bl, bei uns in Aquarien, und die kalkhaltigen Boden liebende, nachstehend näher beschriebene

Elodea, richtiger ***Helódea*** (ἑλώδης sumpfig) ***canadensis***, Wasserpest (Fig. 7). ♃. St 30—90 cm lang, flutend oft $1^1/_2$ m lang. Blätter zu 3—4, länglich bis lineal-lanzettlich, spitz, klein gesägt. Bei uns nur die ♀ Pflanze mit 6blätterigem Perigon, 3 Staminodien und 3 Narben. In Flüssen Nordamerikas, bei uns aus dem botan. Garten in Berlin an 2 Stellen verpflanzt, Potsdam: Sanssouci seit 1859, Eberswalde beim alten Wasserfall seit 1860, von hier aus überall hin verbreitet. Wurde zuerst in Europa 1836 in einem Teiche zu Warrington in Irland, 1841 in Schottland, 1847 im mittleren England bemerkt. Eine Zeit lang allgemein gefürchtet, weil sie Schiffahrt und Fischfang hindert, sowie den Abflufs des Wassers hemmt, gilt sie jetzt meist als weniger schädlich. Sie bietet den Fischen etc. gute Laichplätze. Da nur ♀ Pflanzen bei uns vorhanden sind, vermehrt sie sich nur auf vegetativem Wege, durch Seitensprosse, und überwintert durch Winterknopsen, d. h. kurze, dicht beblätterte Sprosse.

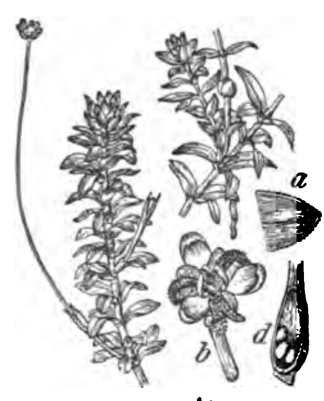




Fig. 7. Elodea canadensis.
a Stück eines Blattes; *b* Blüte; *c* Fruchtknoten; *d* dreisamige Schlauchfrucht, geöffnet.
(Nach Garcke.)

Unterfamilie 2. Stratiotoideae. Laubblätter wechselständig. ♂ Bl sich nicht ablösend. Frb 6—15.

Stratiótes aloides, Wasseraloe, aloeblättrige Krebsschere (στρατιώτης, ägypt. Wasserpflanze bei Dioskorides). Bl 2häusig, d. h. ♂ und ♀ auf verschiedenen Pflanzen. Stamm mit Ausläufern. Blätter starr, breit lineal, zugespitzt, unten 3kantig, oben flach, stachelig gesägt, zu einer dichten Rosette vereinigt, gröfstenteils untergetaucht. Blütenstände gestielt, ihr Stiel zusammengedrückt, Scheide 2blätterig, derb, bleibend, platt, daher Krebsschere. Bl weifs, über dem Wasser. Samen auch in diluvialen Ablagerungen. Stehende Gewässer, tiefe Sümpfe. Bei uns ♀ Exemplare seltener. ♃. 15—50 cm. Mai—August. Schweinefutter.

Hydrócharis (ὕδωρ Wasser, χάρις Freude, Zierde), **Froschbifs.** 2häusig, ♂ mit 12 Stbb, ♀ mit 6 Staminodien. Stamm mit Ausläufern. Honigblumen.

H. Morsus ranae, Gemeiner Froschbifs. Blätter schwimmend, gestielt, kreisrund, am Grunde tief herzförmig, mit 2 grofsen, durchscheinenden,

innerhalb des Blattstiels übereinandergreifenden Anhängen. Bl weifs. ♃. Stehende Gewässer. Juli, August.

§ 8.

Dritte Reihe: Glumiflorae (Spelzblütige).

Fam. 8. Gramineae oder Grámina, echte oder Süfsgräser. Bl mit 1 Deck- und 1 Vorspelze.

Fam. 9. Cyperaceae, Schein-, Halb- oder Sauergräser. Bl meist nur mit 1 Deckspelze, ohne Vorspelze.

Diese beiden Familien werden ihrer Wichtigkeit wegen in den Kapiteln III bis V noch besonders besprochen werden. (S. 258, 304.)

§ 9.

Vierte Reihe: Spathiflorae. Blüten in Scheiden.

Fam. 10. Araceae (Aroídeae). Blüten sehr klein, in Kolben.

Ácorus (Name einer Pflanze mit aromatischen Wurzeln bei Theophrastos). Blütenhülle 6blätterig, bleibend. Frk 3fächerig. Bl an einem scheinbar seitenständigen Kolben. Blätter schwertförmig, d. h. mit der schmalen Kante gegen den Himmel gerichtet (wie bei Iris). Scheinachse (Wurzelstock) dick, kriechend.

A. Cálamus (= gewürztes Schilfrohr; calamus Rohr, Schilf), Kalmus. B linealisch, zugespitzt, am Rande wellig, am Grunde wie der Blütenstiel rötlich. Schaft blattartig, zusammengedrückt, mit einer scharfen und einer rinnenförmigen Kante, in welcher sich ein walzenförmiger Kolben befindet. Hüllblatt (Spatha) den Laubblättern ähnlich, grün, vielmal länger als der gelbliche Kolben. Ufer von Seeen und Flüssen. Ganze Pflanze aromatisch riechend. Bei uns nebst den Birken Symbol des Pfingstfestes. Blüht bei uns selten und bringt nie Früchte.

Calla (Pflanzenname bei Plinius). Hüllblatt oder Blütenscheide bleibend, flach, innen weifs. Stbb meist 6. Frk 1fächerig. Scheinachse kriechend, grün. B 2zeilig. Bl endständig.

C. palustris, Sumpf-Schweinekraut, Schweineuhr, (Schweineohr) (Fig. 8). Laubblätter herzförmig, langgestielt. Kolben zylindrisch. Beeren korallenrot. Waldsümpfe. 15—50 cm. Mai—Juli. Wurzelstock frisch scharf giftig.

Hierher auch *Arum maculatum,* gefleckter Aron. Schattige Laubwälder. Giftig, besonders die Knollen sehr scharf.

Fam. 11. Lemnaceae, Wasserlinsen. Schwimmende Pflanzen mit niedergedrücktem, oft linsenförmigem, thallusartigem St, ohne Blätter. Bl 1häusig. 2 oder 1 ♂ Bl, nur aus 1 Stbb bestehend und 1 ♀, nur aus 1 Frk bestehend, finden sich zusammengestellt in einer seitlichen Ausbuchtung des Thallus.

Lemna (Name einer Wasserpflanze bei Theophrastos), Wasserlinse, Entengrütze. Thallus 2zeilig verzweigt. Wurzeln vorhanden. ♃. *L. minor,* kl. W. Thallus rundlich verkehrt eiförmig, mit einer Wurzel. *L. gibba,* buckelige W. Thallus unterseits kugelförmig gewölbt, sonst wie vorige. *L. polyrrhiza,* vielwurzelige W. Thallus rundlich verkehrt eiförmig, dick, beiderseits flach, mit zahlreichen Wurzeln. *L. trisulca,* dreifurchige W. Thallus länglich-lanzettlich, vorn ausgeschweift-gezähnt, dünn, zuletzt langgestielt, meist mehrere Sprofs-Generationen zusammenhängend, hellgrün oder rötlich. *L. arrhiza* (Wolffia arrhiza). Thallus sehr klein, ohne Wurzeln. Fast alle, mit Ausnahme der letzteren, häufig, namentlich *L. minor.* Teiche und Seeen ganz überziehend. Zeigen meist *gutes Rieselwasser* an.



Fig. 8. Calla palustris.
a Blütenkolben, längs durchschnitten; *b* Blüte mit halbgeöffnetem Fruchtknoten; *c* Fruchtkolben. (Nach Garcke.)

Anmerkung: Die *Wasserblüte,* welche zu gewissen Zeiten das Wasser oft ganz grün färbt, wird durch mehrere blaugrüne Algenarten gebildet, namentlich Anabaena flos aquae und Aphanizómenon flos aquae.

§ 10.

Fünfte Reihe: Liliiflorae. Diese zeigen meist den typischen Charakter der Monokotyledonenblüte: P $3+3$, A $3+3$, G (3). Die beiden Perigonkreise meist gleichartig gefärbt, korollinisch. (Eine Ausnahme machen die Juncaceae.) Same mit mehligem, knorpeligem oder fleischigem Nährgewebe.

Fam. 12. Juncaceae, Binsen. Perigon $3+3$, nicht korollinisch, sondern spelzenartig. Stbb 6. Laubblätter meist schmal oder stielrund, dann einem St ähnlich. Blüten einzeln oder in Köpfchen, die wieder zusammengesetzte Blütenstände (Spirren) bilden. Windblüher; dichogam, d. h. ♂ und ♀ Geschlechtsorgane nicht gleichzeitig entwickelt.

Übersicht der Gattungen.

Kapsel 3fächerig, Fächer mehrsamig, Blätter meist pfriemenförmig, kahl (Binse) . . . . *Juncus.*
Kapsel 1fächerig, 3samig, Blätter flach, am Rande meist behaart *Luzula.*

Juncus (Name bei Vergilius), Binse. Die unterirdischen Scheinachsen (Wurzelstöcke) bestehen aus den unteren Gliedern der meist Blüten tragenden St. Diese St tragen am Grunde eine Anzahl an ihren Rändern

sich deckender Schuppenblätter. Die Hauptknospe steht meist in der Achsel des 2. Blattes.

A. St vom Grunde bis zum Blütenstande unbeblättert. Trag- oder Hüllblatt des untersten Spirrenastes aufrecht, stielrund, scheinbar den St fortsetzend, daher die *Spirre scheinbar seitenständig.* — Unfruchtbarer St kurz, oberhalb der Schuppenblätter nur ein sehr langes, dem Hüllblatt ähnliches stielrundes Laubblatt tragend, welches früher für einen unfruchtbaren St gehalten wurde. (Ascherson u. Graebner, Flora etc. S. 172.)

J. maritimus, Meerstrands-Binse. Rasenbildend. Grundständige Blätter stielrund, stechend, mit brauner Scheide. Tragblatt des untersten Spirrenastes wenig länger als die Spirre. Same mit Anhängsel. 30—100 cm. Juli, August. Wiesen an der Ostsee, östl. bis Usedom; ostfries. Inseln.

J. conglomerátus (J. Leersii), geknäuelte Binse. Stengel fein gestreift, grasgrün, mit zusammenhängendem Mark. Tragblatt des untersten Spirrenastes viel länger als die Spirre. Samen ohne Anhängsel. Stbb nur 3. Graugrün. Spirre meist gedrängt. Kapsel verkehrt eiförmig, gestutzt, Griffelrest auf einer kleinen Erhöhung. Perigon und Kapsel meist braun. Feuchte Triften, Gräben. 30—60 cm. ♃. Wuchs rasenförmig. Scheiden gelbbraun.

J. effusus, flatterige Binse. St weniger gestreift. Spirre meist locker. Kapsel an der Spitze eingedrückt, Griffelrest in der Vertiefung. Perigon und Kapsel meist gelbgrün. Scheiden rotbraun. Sonst wie vorige. Beide allbekannte Arten werden auch vereinigt als *J. communis.*

B. Spirre endständig, meist viel länger als ihre Hüllblätter. Unfruchtbarer St, wenn vorhanden, mehrere Laubblätter tragend.

I. Laubblätter nicht fächerig-röhrig.

a) Ausdauernd. 1. Wuchs dicht rasenförmig. *J. squarrosus,* sperrige Binse. Halm blattlos. Torfige Orte. 30 cm. Juli, August.

2. Scheinachse kriechend. *J. compressus,* Halm etwas zusammengedrückt, in der Mitte mit 1 rinnigen B. Nasse Triften. ♃. 15—30 cm. Juli, August. — *J. Gerardi,* ähnlich, auf Salzboden.

b) Einjährig. *J. bufonius,* Kröten-Binse. St mit 1—2 Laubblättern. Spirre wenigästig. Äste aufrecht. Blüten entfernt. Kapsel länglich. Feuchter Sand und Schlamm, gemein. 3—30 cm. Juni—Herbst.

II. Laubblätter querfächerig-röhrig.

(Getrocknet mit vorspringenden Querwänden; auch an den frischen rinnigen, fast stielrunden Blättern spürt man die Querwände, wenn man sie durch die Finger zieht.)

Hierher besonders *J. lampocarpus,* glanzfrüchtige Binse. Stengelblätter 2—4. Spirrenäste abstehend. Äufsere Perigonblätter spitz, innere stumpf.

Scheinachse kriechend. Feuchte Wiesen, Triften, gemein. ♃. 20—60 cm. Juli, August.

Alle Binsen sind schlechte, harte Futterpflanzen. Sie sind nicht zu verwechseln mit den Simsen, Scirpus, welche zu den Cyperaceen gehören und *keine Kapseln* haben. (Diese s. S. 305.)

Luzula (zuerst bei Anguillara, herba Luzulae) Hainbinse, Hainsimse, Marbel. Habitus meist grasähnlich. Stengel beblättert. Blätter am Rande lang bewimpert. Blüten in Spirren, deren letzte Verzweigung oft köpfchenartig. Von Gräsern durch die Bl und Kapseln unterschieden.

L. campestris, Feld-, Hainsimse, gemeine Marbel, Hasenbrot (Fig. 9). Blüten in kopfförmigen Ähren, die eine Spirre bilden. Lockerrasig mit kurzen Ausläufern. Blätter linealisch, am Rande schwach behaart, zuletzt kahl. Ähren 2—5, eiförmig, doldig, die seitlichen Köpfchen langgestielt, zuletzt überhängend. Perigonblätter fast gleich lang, dunkelbraun. Samen mit grofsem Anhängsel. ♃. Triften, Heiden, Wälder, trockene Grasplätze, meist gemein. März, April. 10—25 cm.



Fig. 9. Luzula campestris. *a* offene Blüte; *b* Fruchtknoten mit dem Griffel; *c* Fruchtsprofs; *d* unreife, *e* aufgesprungene, reife Frucht. (Nach Garcke.)

Var. multiflóra. Dichtrasig. Stengelhöhe 30—45 cm. Perigon hellbraun.

Die Luzula-Arten gelten als schlechte Futterpflanzen (ob mit Recht?).

Fam. 13. Liliaceae. Meist Zwiebel-, seltener Knollengewächse. Bl meist regelmäfsig. Perigon meist blumenblattartig, unterständig. Stbb 6. Frk 3fächerig.

Allium, Lauch. Einige Arten machen sich durch ihre vielen Brutzwiebeln auf Grasplätzen lästig. Solche blühen fast nie, sondern treiben nur röhrenförmige Blätter. Viel gefährlicher ist für Wiesen:

Cólchicum autumnále (*Κολχικόν*, Name eines giftigen Zwiebelgewächses bei Dioskorides), Herbstzeitlose. Die schöne, glockig-trichterförmige, *fleischrote* Blume erscheint von Aug.—Oktb. in Mittel- und Süddeutschland oft zu Tausenden auf den Wiesen. Ihre lange Röhre sitzt einer Furche der flachen Seite der grofsen braunhäutigen Knolle an, unterhalb derselben kleine unentwickelte Blättchen. Erst im nächsten Frühjahr wachsen diese Laubblätter aus, das Stengelglied zwischen dem 2. und 3. Laubblatt streckt

sich und hebt die Kapsel über den Boden. Das Stengelglied zwischen dem 1. und 2. Laubblatt wird dann zur neuen Knolle, welche am Grunde die Hauptknospe trägt, die im nächsten Herbste blüht (Filius ante patrem der alten Botaniker, weil die Bl vor den Blättern erscheint). ♃. *Giftig*, besonders die Samen. Man vertilgt die Herbstzeitlose einmal durch Sammeln der Blüten, zweitens durch Ausheben der tiefliegenden Knollen mittelst geeigneter Werkzeuge oder durch Zerstoſsen der Knollen mit einer spitzen Eisenstange, die man in die Erde schlägt. Die Vertilgung ist leider sehr schwierig. — Zum Ausgraben der Herbstzeitlose werden die Klauenstecher von J. Heinemann Söhne, Langenau bei Creuzthal (Westfalen) und G. Mödig Söhne, Marchegg, Nieder-Österreich, empfohlen.

Fam. 14. Iridaceae, so wie die Liliaceae, aber der 2. Staubblattkreis abortiert und Frk unterständig, also P 3 + 3, A 3 + 0, G $\overline{(3)}$.

Iris (Regenbogen), Schwertlilie. Wurzelstock verzweigt, beblätterte Blütenstengel und kurze Triebe mit Laubblättern treibend. Blätter 2zeilig, schwertförmig (reitend), d. h. in der Medianebene ausgebreitet, mit der schmalen Kante gen Himmel schauend. Blüten 2—mehrere, von einem Tragblatt umschlossen. Griffeläste *blumenblattartig*, mit ihrer konkaven Auſsenfläche die vor ihnen stehenden Stbb schützend. Narbenpapillen an der Unterlippe der an der Spitze 2lappigen Narbe. Hummelblumen.

Iris pseudácorus, (ψεῦδος falsch, ἄκορος Kalmus), Schellblume. ♃. Blätter breit. Perigon hellgelb, äuſsere Abschnitte ohne Bart, in der Mitte am Grunde goldgelb. Stehende Gewässer. — *I. sibirica*. Laubblätter schmal. Perigon blau. Feuchte Wiesen und Waldgebüsche, zerstreut.

§ 11.

Sechste Reihe: Microspermae. Kleinsamige.

Fam. 15. Orchidaceae. Blüten zygomorph oder dorsiventral, d. h. nur durch eine Medianebene in 2 symmetrische Hälften teilbar. P 3 + 3, A 1 (oder 2) G $\overline{(3)}$. Blüten meist schön gefärbt; durch Drehung des unterständigen Frk kommt ein gröſseres Blatt des inneren Perigonkreises nach unten und bildet die oft gespornte Lippe (Labellum). Stbb meist nur 1 (bei Cypripedium 2), auf einer Verlängerung der hohlen Blütenachse, des sogenannten Gynostemiums, oder Griffelsäule eingefügt. Auf Wiesen kommen besonders vor:

Orchis (bei Dioskorides Name einer Pflanze mit Knollen von der Form eines Hoden [ὄρχις]); *O. latifolia,* breitblätteriges Knabenkraut. Lippe gespornt. Knollen *handförmig* geteilt. St *hohl.* B meist 5 (4—6), länglich-eiförmig, meist schwarzbraun gefleckt, das oberste oft den Grund der Ähre überragend. Blütenblätter alle, auſser der Lippe, helmartig zu-

sammengeneigt. Lilapurpurn. Feuchte Wiesen, gemein. ♃. Mai, Juni. — *O. maculata.* Ähnlich, aber St *voll.* B 6—9, die unteren länglich, das oberste meist weit unter der Ähre. Trocknere Wiesen. Juni, anfangs Juli. — *O. incarnata.* B an der Spitze kappenförmig zusammengezogen. Bl hell-, seltener dunkelpurpurn, sonst wie latifolia. — *O. militaris.* Knolle *ungeteilt.* Helm aufsen *weifslich-rosa.* Lippe mit plötzlich vorn verbreitertem Mittelabschnitt. Fruchtbare, nicht zu feuchte Wiesen mit *Mergelgrund,* also *Kalk* anzeigend. Die schönste Art. Noch viele andere Orchideen zieren unsere Wiesen, doch sind sie als Futter ohne Bedeutung.

Kalk anzeigend sind noch: Orchis purpúrea, Laubwälder; Ophrys muscífera, Wiesen; Ophrys fuciflora, Hügel; Anacamptis pyramidalis, Bergabhänge, Wiesen; Cephalanthéra grandiflora, Laubwälder; Epipáctis microphylla, Bergwälder; Cypripédium (Cypripedilum) Calcéolus, Frauenschuh, Laubwälder; alles mehr oder weniger seltene Arten.

Kapitel II.

Dikotyledonen, Zweikeimblättrige.

§ 12.

Allgemeines. Zwei Keimblätter. Laubblätter meist *netzaderig*. Samen oft mit grofsem Nährgewebe und kleinem Embryo (z. B. Doldengewächse, Umbelliferen), oder mit grofsem Embryo und fast fehlendem Nährgewebe (z. B. Hülsenfrüchte und Kompositen). Die Blüten stehen bei seitlicher Stellung in der Achsel eines Deckblattes (bractea, kurz als b bezeichnet), haben aber nicht 1 Vorblatt wie die Monokotyledonen, sondern 2 (α und β). Sowohl Deckblatt wie Vorblätter können aber fehlen. Blüten meist nach der 5-Zahl oder 2- oder 4-Zahl. Blütenformel also z. B. K 5, C 5, A 5, G 5. Die *Dikotyledonen* lassen sich nicht so gut nach einzelnen Merkmalen einteilen wie die Monokotyledonen. Sie sind auch viel zahlreicher an Arten.

Am einfachsten ist die frühere Einteilung in:

Apétalae, Blumenblätter fehlend,
Polypétalae, Blumenblätter frei,[1])
Sympétalae, Blumenblätter verwachsen.

Erstere beiden fafst Engler als *Archichlamýdeae* (Ersthüllige) zusammen. Wir geben zunächst eine Übersicht über die für uns wichtigsten Reihen und Familien.

§ 13.

Übersicht der hier in Betracht kommenden Dikotyledonen, nach Engler.

I. Unterklasse: Archichlamydeae (Apetalae und Polypetalae). Ohne Perigon, oder mit Perigon, oder mit Kelch und Blumenkrone, im letzteren Falle die Blumenblätter frei, nicht verwachsen.

7. Reihe: *Polygonales.*
   Familie 16. *Polygonáceae,* Knöterichgewächse.
8. Reihe: *Centrospermae,* Zentralsamige.
   Familie 17. *Chenopodiáceae,* Gänsefufs- (Melden-) Gewächse.
   „ 18. *Amarantáceae.*
   „ 19. *Portulacáceae,* Portulakgewächse.
   „ 20. *Caryophylláceae,* Nelkengewächse.

---

[1]) Mitunter fehlen auch den Poly- und Sympetalae die Blumenblätter.

9. Reihe: *Ranáles.*
Familie 21. *Nymphaeáceae,* Seerosengewächse.
„ 22. *Ceratophylláceae,* Hornblattgewächse.
„ 23. *Ranunculáceae,* Hahnenfuſsgewächse.
10. Reihe: *Rhoeadáles.*
Familie 24. *Papaveráceae,* Mohngewächse.
„ 25. *Cruciferae,* Kreuzblütler.
11. Reihe: *Rosales.*
Familie 26. *Saxifragáceae,* Steinbrechgewächse.
„ 27. *Rosáceae,* Rosengewächse.
„ 28. *Leguminósae,* Hülsenfrüchte.
12. Reihe: *Geraniáles.*
Familie 29. *Geraniáceae,* Storchschnabelgewächse.
„ 30. *Polygaláceae.*
„ 31. *Euphorbiáceae,* Wolfsmilchgewächse.
„ 32. *Callitricháceae,* Tännelgewächse.
13. Reihe: *Parietáles,* Wandständige.
Familie 33. *Violáceae,* Veilchengewächse.
14. Reihe: *Myrtiflorae.*
Familie 34. *Lythráceae.*
„ 35. *Oenotheráceae,* Nachtkerzengewächse.
„ 36. *Halorrhagidáceae,* Tausendblattgewächse.
15. Reihe: *Umbelliflórae,* Doldenblütler.
Familie 37. *Umbelliferae,* Doldengewächse.

II. Unterklasse: Metachlamýdeae oder Sympetalae. Blumenblätter meist verwachsen, selten frei oder fehlend.

16. Reihe: *Ericáles.*
Familie 38. *Ericáceae,* Heidekrautgewächse.
17. Reihe: *Primuláles.*
Familie 39. *Primuláceae,* Primelgewächse.
„ 40. *Plumbagináceae.*
18. Reihe: *Contortae,* Bl in der Knospe meist gedreht.
Familie 41. *Gentianáceae,* Enziangewächse.
„ 42. *Asclepiadáceae.*
19. Reihe: *Tubiflorae.*
Familie 43. *Convolvuláceae,* Windengewächse.
„ 44. *Borragináceae,* Rauhblättrige Gewächse.
„ 45. *Labiátae,* Lippenblütler.
„ 46. *Solanáceae,* Nachtschattengewächse.
„ 47. *Scrophulariáceae,* Rachenblütler.
„ 48. *Lentibulariáceae.*

20. Reihe: *Plantagináles.*
Familie 49. *Plantagináceae,* Wegerichgewächse.
21. Reihe: *Rubiáles.*
Familie 50. *Rubiáceae,* Krappgewächse.
„ 51. *Valerianáceae,* Baldriangewächse.
„ 52. *Dipsáceae,* Kardengewächse.
22. Reihe: *Campanulátae.*
Familie 53. *Campanuláceae,* Glockenblumengewächse.
„ 54. *Compósitae,* Korbblütler.

A. Erste Reihengruppe: Archichlamydeae.

§ 14.

Siebente Reihe: Polygonales.

Fam. 16. Polygonaceae. Perigon kelch- oder kronenartig. Blüten meist nach der Formel P 3 + 3, A 3 + 3, G $\underline{3}$, doch kommen auch Perigone mit 4 und 5 Blättern vor, und die Zahl der Stbb kann auch 9, 8 oder 5 sein. Frk 1fächerig, mit 1 grundständigen, geraden Samenanlage. Same mit reichlichem Nährgewebe. Blätter mit stark entwickelter Scheide und zu einer *Röhre* (Tute, ochrea) verwachsenen Nebenblättern.

Rumex (Pflanzenname bei Plautus und Plinius), Ampfer. Perigon meist 6teilig, die 3 inneren Abschnitte gröfser, nach der Blüte zusammenneigend und die 3kantige Fr bedeckend, häufig alle 3 oder 1—2 aufsen mit einer gelblichen oder rötlichen Schwiele.

1. *Blätter pfeil- oder spiefsförmig,* Bl 2häusig, d. h. auf einer Pflanze nur ♂, auf der andern nur ♀. Geschmack sauer, wegen des Gehalts an Kaliumbioxalat.

*R. **Acetosa*** (zuerst bei Camerarius, acetum = Essig, wegen des sauren Geschmacks), (wilder) Sauerampfer. St aufrecht, untere Blätter langgestielt, grofs, meist stumpf, obere kleiner, kurzgestielt, spitz. Tuten gezähnt oder fransig eingeschnitten, äufsere Perigonabschnitte klein, zur Fruchtzeit herabgebogen, innere zur Fruchtzeit vergröfsert, rundlich-eiförmig, mit *einer* herabgebogenen Schwiele. Fruchtstiele meist rot. — ♃. 30—90 cm. Mai, Juni. Wiesen, gemein; dieselben oft mit einem weithin sichtbaren roten Schleier überziehend. (Ascherson; ähnlich wie Agrostis vulgaris.)

*R. **Acetosella*** (Diminutivform von acetosa), kleiner Sauerampfer. 2häusig. Wurzel Adventivknospen treibend. St aufrecht oder aufsteigend. B spiefsförmig, mit wagerecht abstehenden oder aufwärts gerichteten Spiefsecken. Tuten in eine lanzettliche, zuletzt fransig zerschlitzte Spitze ausgehend. Äufsere Perigonblätter angedrückt, innere nicht vergröfsert, *ohne Schwiele.* Trockene Wälder, Brachen, auf Sand. *Kalkmangel* anzeigend. Mai, Juni. In allen Teilen viel kleiner als R. Acetosa, aber ähnlich.

2. *Blätter nicht pfeil- oder spiefsförmig.* Bl zwitterig.

R. obtusifolius, *crispus*, *conglomeratus*, *Hydrolápathum* etc. Alle auf feuchten Wiesen; letzterer der gröfste, fast 2 m hoch; untere Blätter sehr grofs.

Polýgonum (Name bei Dioskorides), Knöterich. Perigon meist 5teilig, meist blumenkronenartig gefärbt. Stbb 4—8. Frk oft mit einem eingeschnittenen drüsigen Ringe umgeben (Nektarium).

1. *Stengel einfach.*

P. Bistórta (bis doppelt, tortus gekrümmt, wegen der oft ∾ gekrümmten Grundachse). Grundblätter grofs, länglich-eiförmig oder länglich-lanzettlich, am Grunde gestutzt oder herzförmig, in einen langen geflügelten Blattstiel übergehend; obere Stengelblätter lanzettlich bis linealisch, sitzend. Scheinähre endständig, schön rosa oder rötlich-weifs. ♃. 30—90 cm. Juni, Juli. Mäfsig feuchte Wiesen, zerstreut, aber sehr gesellig und oft lästig, besonders im Gebirge.

2. *Stengel ästig, jeder Ast mit 1 Ähre endend.* Ähren dicht.

Polygonum amphibium, Ortwechselnder Knöterich. Wurzelstock kriechend. B länglich bis lanzettlich. Stbb 5. Fr linsenförmig, beiderseits gewölbt, scharfkantig. ♃. Feuchte Orte. Ändert sehr nach dem Standort. a) natans, St flutend, obere B schwimmend, langgestielt, kahl. b) terrestre, St aufrecht, drüsig, B steifhaarig.

P. Persicaria, Pfirsichblättriger Knöterich. ☉. Blattstiele unter der Mitte der Tuten abgehend. Diese Gesamtart zerfällt in 3 Arten: 1. *P. tomentosum*, filziger Knöterich. Blütenstiel und Perigon drüsig-rauh. Perigon an der Fr mit hervortretenden Nerven. B eiförmig, länglich bis lanzettlich, oft in der Mitte mit schwarzem Fleck, unterseits drüsig punktiert. Scheinähren kurz, stumpf, meist grün. Fr beiderseits vertieft. 2. *P. nodósum (lapathifolium)*, knotiger oder ampferblätteriger Knöterich. Blütenstiel und Perigon drüsenlos, Perigon ohne *starke* Adern. St an den Knoten stark verdickt. B unterseits drüsig punktiert. Scheinähren am Grunde rispig, nach oben verschmälert, rosa und weifs, nickend. Fr wie vorige. — 3. *P. Persicaria* (im engeren Sinne) gemeiner Knöterich. B lanzettlich, schwarz gefleckt. Tuten *eng* anliegend, ziemlich lang gewimpert. Blüten rosa, seltener weifs, stumpf. Fr beiderseits flach oder auf einer Seite gewölbt.

P. aviculáre, Vogelknöterich. Blüten blattwinkelständig. St meist niederliegend. Tuten oberwärts silberweifs. Eins der gemeinsten Unkräuter, besonders auf Wegen.

Fagopýrum, Buchweizen, (fagus Buche, πυρός Weizen). Perigon 5teilig, blumenkronenartig. Stbb 8. Frk von einem drüsigen Ringe umgeben. Griffel 3. Fr 3kantig. Blüten in sog. Wickeln in den Achseln von Hochblättern, Scheintrauben bildend.

F. esculentum. St. zuletzt meist rot. B so lang als breit, 3eckig-herzförmig. Perigon weiſs oder rötlich. Fr mit scharfen Kanten. Aus Mittelasien; bei uns auf leichtem Boden, doch jetzt immer weniger angebaut.

P. tataricum, tatarischer K. B meist breiter als lang. Fr länglich-dreikantig, ausgeschweift. Perigon und St meist grün. Beides Honigblumen. Griffel verschieden lang (Heterostylie).

§ 15.

Achte Reihe: Centrospermae. Mit zentraler oder grundständiger Placenta (Samenträger), d. h. Fruchtknoten ohne Scheidewände, von unten her mehr oder weniger eingestülpt, wie der Boden einer Flasche, und an dieser Einstülpung die gekrümmten Samenanlagen.

Fam. 17. Chenopodiaceae, *Gänsefuſsgewächse.* B meist spiralig, d. h. wechselständig, zuweilen unentwickelt. Blüten mit 2 perigonartigen Vorblättern, Blumenkrone fehlt, also ein Perigon, meist nach der Formel K 5, C 0, A 5, G $\underline{(2)}$. Fruchtknoten mit 1 grundständigen Samenanlage. Blüten klein, meist in dichten, begrenzten (cymösen) Blütenständen.

Beta, (Pflanzenname bei Plinius), Runkelrübe. Perigon 5spaltig, am Grunde mit dem Fruchtknoten verwachsen. Stbb 5, einem fleischigen, den Fruchtknoten umgebenden Ringe eingefügt. Narben 2 oder 3, selten bis 5. Kapsel mit Deckel aufspringend. Same wagrecht, mit gekrümmtem peripherischem Embryo, der das stärkereiche Nährgewebe (hier Perisperm) umgibt. Grundblätter eine Rosette bildend, langgestielt, ei-herzförmig, stumpf, obere klein, länglich bis lanzettlich. St aufrecht, sehr ästig. Blütenstände in anfangs dichten, sehr langen Scheinähren, die aus einzelnen 2—3 (selten 4—5) -blütigen geknäuelten Trugdöldchen bestehen. Deckblätter der Trugdöldchen lineal-lanzettlich. Vorblätter fehlen. Narben meist 2 (od. 3), länglich-oval. Die 2—5 Perigone verwachsen zur Fruchtzeit miteinander und bilden die Rübenkerne. An den Küsten Südeuropas wild. Var. Cicla, rot oder gelb, Futterrunkelrübe und Speiserübe. Var. Rapa, Wurzel spindelförmig, weiſs. Zuckerrübe.

Chenopodium (von χήν Gans, podium Füſschen bei de l'Ecluse). Wie Beta, aber Perigon 5teilig, kein fleischiger Ring. Narben 2—5. Fruchtperigone nicht verwachsend. *Ch. album,* weiſser Gänsefuſs, gewöhnlich Melde genannt, lästiges Unkraut. Alle Chenopodium-Arten wie überhaupt die Chenopodiaceae lieben Düngerstätten (Chlornatrium u. Stickstoff).

Átriplex, Melde. Blüten bei uns einhäusig. *A. hastatum,* spieſsblätterige Melde. Blütenhülle zur Fruchtzeit 3eckig, ganzrandig oder gezähnelt. Wege, Schutt.

Spinácia olerácea L., Spinat. Zweihäusig.

Sálsola Kali, gemeines Salzkraut. Blätter lineal-pfriemlich, stechend stachelspitz. Am sandigen Meeresstrande, im Binnenlande sehr zerstreut.

Salicornia herbácea (zuerst bei Dodoens, wohl nach dem französischen Namen salicor), krautartiges Glasschmalz, Queller. Blätter fehlen, Stengel ästig, saftig, gegliedert. Blüten fleischige Ähren. Am Meeresufer, besonders auf den Watten, selten im Binnenlande an salzigen Stellen.

Fam. 18. Amarantaceae. Perigon trockenhäutig, öfter gefärbt. Frk (bei uns) mit einem grundständigen Samen.

Amarantus (bei Ovid), Amarant. Perigon meist 5zählig, Fr quer aufspringend. *A. retroflexus,* rauhhaariger A. Rispe. Blätter hellgrün, eiförmig, kurz stachelspitz. Perigonblatt stachelspitz. Äcker und Gärten.

Albérsia (nach dem Direktor der Tierarzneischule Berlin, Albers, † 1857, benannt). Blüten meist 3zählig. Fr nicht aufspringend. *A. blitum* (bliton, ein Küchengewächs bei Theophrastos), roter Heinrich. St oft rötlich. B dunkelgrün, eiförmig, vorn ausgerandet. An Strafsen, Rinnsteinen etc.

Polycnémum (*πολύκνημον*, Pflanzenname bei Nikandros), Knorpelkraut. Perigon 5blätterig, wie die 2 Vorblätter trockenhäutig. Stbb meist 3. Bl einzeln, achselständig. *P. arvense.* ⊙. B linealisch-pfriemlich, stachelspitz. Äste niederliegend, dünn, 3—30 cm lang. Vorblätter so lang als das Perigon. Sandig-lehmige Äcker. Juli — Herbst. *P. majus.* ⊙. Äste 5—15 cm lang, ziemlich dick, steif. B und Bl gröfser. Vorblätter länger als das Perigon. Fr grofs, sonst wie vorige. Sonnige Hügel, Brachäcker, gern auf *Kalk,* nur in Mittel- und Süddeutschland. Oft von der Tracht der Salsola Kali. (S. oben.)

Fam. 19. Portulacaceae. Kelch 2spaltig. Bl 5blättrig, bei Montia trichterförmig.

Montia (nach G. Monti, Prof. der Botanik zu Bologna, Anfang des 18. Jahrh.). Meist Wasserpflanzen. *M. minor.* B gegenständig, spatelförmig, fleischig. ⊙. Feuchte Sandfelder, Ufer, zerstreut. *M. rivuláris.* ♃. Stengel untergetaucht, flutend. Sehr zerstreut, besonders in Gebirgsbächen, dort fufslang. Auch im Winter grün. Zeigt *gutes Rieselwasser* an. Bl klein, weifs. Röhre gespalten.

Fam. 20. Caryophylláceae, Nelkengewächse. Blätter meist gegenständig. Bl meist in Trugdolden (cymös). Meist mit Kelch und Krone. K 5, C 5, A 5 + 5 (oder 5), G (5 — 2). Frk meist mit zentraler Placenta.

Unterfamilien:

A. Kelchblätter *verwachsen*, Blumen meist grofs und schön, Narben getrennt . . . . ***1. Silenoideae.***

B. Kelchblätter *frei*, Griffel bezw. Narben frei oder verbunden:

I. Fr vielsamig, Kapsel meist an der Spitze mit Zähnen sich öffnend. Bl kleiner, meist weifs *2. Alsinoideae.*

II. Fr bei uns 1samig, nicht mit Zähnen aufspringend, Pflanzen klein:

a) B wechselständig (spiralig) oder gegenständig, mit trockenhäutigen Nebenblättern *3. Paronychioideae.*

b) B gegenständig, ohne Nebenblätter . . *4. Scleranthoideae.*

1. Von den schön blühenden Gattungen der ***Silenoideae,*** der eigentlichen Nelkengewächse, kommen hier besonders in Betracht:

Siléne (Name bei de l'Obel). Narben 3. Kapsel am Grunde 3(—5)-fächerig. ***S. vulgaris (S. venosa, S. inflata),*** gemeiner oder aufgeblasener Taubenkropf. Kelch eiförmig, aufgeblasen, netzaderig, kahl. Krone weifs. ♃. 25—50 cm. Laubwälder, trockene Wiesen etc. Juni—September.

Melándryum (Pflanzenname bei Plinius, *μέλας* schwarz, *δρῦς* Eiche). Blumenblätter mit 2 Zähnen (Krönchen) am oberen Ende des Nagels, Platte 2spaltig. ***M. album,*** weifse Lichtnelke. Stengel zottig, obere Blätter ei-lanzettlich, nebst den Blütenstielen und Kelchen drüsenhaarig. Narben 3. ⊙ und ♃. Blüten weifs, öffnen sich am Nachmittag oder gegen Abend, wohlriechend. 2häusig. Wegränder, sonnige Hügel.

Coronária. Narben 5. Blumenblätter mit Krönchen. ***C. flos cúculi,*** Kuckucksblume. Untere Blätter spatelförmig, obere linealisch-lanzettlich. Kronenblätter bis über die Mitte 4spaltig, rosenrot, selten weifs. ♃. Feuchte Wiesen, gemein. Mai, Juni.

Agrostémma (*ἀγρός* Acker, *στέμμα* Kranz). Narben 5. Blumenblätter ohne Krönchen, ungeteilt, mit Flügelleisten. Kelch mit verlängerten laubartigen Zähnen. ***A. Githágo*** (gith Schwarzkümmel, wegen der Ähnlichkeit der Samen), Kornrade. Graufilzig und zottig. Blumenblätter kürzer als die Kelchzähne, purpurn. Unter der Saat. Die grofsen, schwarzen, nierenförmig 3eckigen Samen sollen giftig sein, doch haben Hagemann's Versuche an Tieren das nicht ergeben. Nach Winkelmann sollen sie das Brot wasserstreifig machen.

Diánthus, Nelke (*Διός* des Zeus, *ἄνθος* Blume). Kelch von Kelchschuppen umgeben. Narben 2. ***D. Carthusianórum,*** Karthäusernelke. Blüten meist zu 6 in einem büscheligen Köpfchen. Kelchschuppen braun. Grasige Hügel. Purpurn. ♃. 30—45 cm. Juni—August. Fehlt im gröfsten Teil des nordwestlichen Deutschlands. ***D. deltoides,*** deltafleckige Nelke. Blüten einzeln, purpurn mit weifsen Flecken, die ein Dreieck, das griechische grofse Delta *Δ*, bilden. Kelchschuppen grün. Trockene Wiesen und Wälder, gern auf Sand. Juni—Herbst.

2. Unterfamilie ***Alsinoideae.*** Wichtigste Gattungen: Stellária, Cerástium und Spérgula.

Stellaria (Pflanzenname bei Brunfels), Sternmiere. Griffel 3. *S. media,* Vogelmiere. Auf Kulturland überall. St rund, *einreihig* behaart. *S. glauca* (S. palustris), meergrüne S. St kantig, aufrecht. Blätter etwas fleischig, lineal-lanzettlich, die unteren eiförmig. Deckblätter trockenhäutig. Blütenstand armblütig. ♃. Feuchte Wiesen. *S. graminea.* St kantig, schlaff. B lanzettlich, spitz, am *Grunde gewimpert.* Blütenstand weitschweifig-ästig, reichblütig. Deckblätter *gewimpert.* Bl meist kleiner, sonst wie vorige. Wiesen, Grasplätze etc.

Cerastium, Hornkraut. Griffel meist 5. *C. arvense* (κέρας Horn, wegen der Gestalt der Kapsel). Blühende St aufsteigend, St und B kurzhaarig. B länglich-lineal-lanzettlich. Blumenblätter doppelt so lang als der Kelch, grofs, weifs. ♃. 10—20 cm. April, Mai.

Spergula (zuerst bei de l'Obel), Spark oder Spörgel. Blätter mit häutigen Nebenblättern. Blätter in ihren Achseln Zweige mit verkürzten Gliedern tragend, wodurch die Blätter scheinbar quirlständig werden. Bl in lockeren Trugdolden, ihre Stiele nach dem Verblühen heruntergeschlagen. *S. arvensis.* B unterseits mit einer Furche, lineal. Same schwarz, linsenförmig, mit sehr schmalem glattem Flügelrande. Auf Sand; häufig kultiviert unter dem Namen *S. maxima.* Gutes Milchfutter. ⊙. 10—15 cm. Juni—Sept.

3. Unterfamilie ***Paronychioideae.*** *Herniária glabra* (zuerst bei Dodoens; hernia Bruch, wogegen diese Pflanze früher Anwendung fand), glattes Ferkel- oder Bruchkraut. St gelbgrün, niederliegend, ganz mit kleinkörnigen Blüten bedeckt. B gegenständig, elliptisch. St 5—15 cm. ♃. Sandfelder, trockene Grasplätze. Juli — Herbst.

4. Unterfamilie ***Scleranthoideae.***

Scleranthus annuus (σκληρός hart, ἄνθος Blume), einjähriger Knäuel. Klein. Trugdolden achsel- und endständig. Kelchzipfel spitzlich, schmalhautrandig, zur Fruchtzeit abstehend. Juli—Herbst. *S. perennis,* ausdauernder Knäuel. Trugdolden fast nur endständig. Kelchzipfel stumpf, *breit*-hautrandig, zur Fruchtzeit anliegend. Mai — Herbst. Beide auf sandigen Äckern, Grasplätzen etc.

§ 16.

Neunte Reihe: Ranales (dies Wort gebildet aus Ranunculaceae) oder Polycárpicae. Stbb zahlreich. Frb meist apokarp, d. h. nicht miteinander zu einer Kapsel etc. verwachsen, sondern jedes für sich bleibend, wie z. B. bei den Ranunkeln, noch deutlicher bei Caltha palustris.

Fam. 21. Nymphaeaceae. Seerosengewächse. Hierher *Nymphaea alba,* weifse Seerose, und *Nuphar luteum,* gelbe Seerose; beide mit sehr dickem, kriechendem Rhizom, erstere in bis 2 m, letztere in bis 1 m Wassertiefe. Gutes Rieselwasser anzeigend.

Fam. 22. Ceratophyllaceae, untergetauchte Wasserpflanzen mit vielgliederigen Quirlen durchscheinender, später knorpeliger, doppelt- oder mehrfach-gabeliger Blätter. Einhäusig. Blüten ohne Blumenblätter, einzeln in den Blattachseln. *Ceratophyllum* (*κέρας* Horn, *φύλλον* Blatt), Hornblatt. *C. demersum* und *submersum.* Erstere gemein. B 1—2 mal gabelspaltig mit 2—4 Zipfeln, dicht stachelig gezähnt.

Fam. 23. Ranunculaceae (ranunculus = kleiner Frosch). Blütenteile oft nicht in deutlich geschiedenen Quirlen, sondern spiralig angeordnet. Blüten mit Kelch und Krone oder gefärbtem Perigon; dem letzteren



Fig. 10. Caltha palustris.
a Rückseite der Blüte; *b* Staubgefäfse; *c* die Fruchtknoten; *d* die Früchtchen; *e* Einzelfrüchtchen.
(Nach Garcke.)



Fig. 11. Ranunculus acer.
a Fruchtköpfchen; *b* Früchtchen, längsdurchschnitten.
(Nach Garcke.)

schliefsen sich meist Honigblätter, d. h. Staminodien (umgewandelte Stbb) an, welche Nektarien tragen und zuweilen kronenblattartig entwickelt sind. Stbb zahlreich, meistens mehrere Spiralumgänge einnehmend. Frk (Frb) zahlreich, spiralig angeordnet. Samenanlagen entweder in 1 oder 2 Zeilen längs der Bauchnaht (z. B. bei Caltha palustris, wo sie 1reihig) oder einzeln am Grunde der Bauchnaht. Meist Stauden ohne Nebenblätter, aber mit entwickelten Blattscheiden. Insektenblüher.

Auf Wiesen sind häufig:

Caltha palustris (bei Vergilius und Plinius eine gelbe Blume), Kuh- oder Dotterblume (Fig. 10). Blumenkrone fehlt. Die 5 Kelchblätter

schön dottergelb gefärbt, ohne Honigblätter. Untere Blätter gestielt, herzförmig, obere nierenförmig. Sumpfwiesen, gemein. April, Mai. *Giftig*. Wiesen mit viel C. palustris rechnet Hüser in seinem sehr empfehlenswerten Buch „Die Zusammenlegung der Grundstücke", Berlin 1890, S. 47, zur 9. Klasse.

Ranúnculus, Hahnenfuſs. Mit Kelch und Krone, beide meist 5blätterig. Blumenblätter mit Honiggrube, meist hinter einer Schuppe. *R. acer,* scharfer H. (Fig. 11). Untere Blätter handförmig tief geteilt. Blütenstiel stielrund. Wiesen, gemein. Frisch giftig. *R. repens.* Mit kriechenden oberirdischen Ausläufern. Blütenstiel *gefurcht.* Wiesen. *R. bulbosus.* St am Grunde knollig verdickt. Blütenstiel gefurcht, Kelchblätter zurückgeschlagen. Trockene Grasplätze. Giftig. *R. arvensis.* Früchtchen 4—8, groſs, seitlich zusammengedrückt, netzig, meist stachelig. Auf *lehmigen* Äckern, besonders in Mittel- und Süddeutschland. *R. sceleratus,* Gift-H. ⨀. Blütenachse zur Fruchtzeit zylindrisch. St hohl. B fleischig, glänzend. Am Wasser. *Sehr giftig.* — Ungeteilte elliptische Blätter besitzen: *R. Flammula* und *Lingua,* beide am Wasser, ersterer 30—45, letzterer 60—120 cm.

Mehrere Arten sind *Wasserpflanzen;* besonders häufig: *R. aquatilis,* Wasser-H. *Untere* B untergetaucht, vielteilig, mit borstlichen Zipfeln, *obere* B meist schwimmend, dann *herzförmig,* 3- oder 5lappig. ♃. Mai bis August. Stehende und flieſsende Gewässer. Bl weiſs. Zeigt gutes Rieselwasser an, sofern er nicht im Salzwasser vorkommt.

§ 17.

Zehnte Reihe: Rhoeadales, Mohnreihe, im weiteren Sinne. Meist Kräuter, meist nach der Zwei- oder Vierzahl.

Fam. 24. Papaveráceae. K 2, C 4, A 4 — ∞, G $(\underline{2—16})$. Meist mit Milchsaft.

Papáver (Pflanzenname bei den Römern.) ⨀ oder ⨀. Kapsel 4—20fächerig, sich unter der 4—20strahligen Narbe mit eben so viel kleinen Klappen öffnend. Blumenblätter bei uns rot.

1. Staubfäden oberwärts verbreitert, Kapsel mit Borsten, Narbenscheibe am Rande ausgebuchtet.

P. Argemóne, Sand-Mohn. St steifhaarig. Kapsel *verlängert keulenförmig,* mit zerstreuten *aufrechten* Borsten (die mitunter fehlen). Blb dunkelscharlachrot, am Grunde schwarz gefleckt. ⨀ und ⨀. Sandige und lehmige Äcker. Mai — Juli. *P. hýbridum.* Kapsel *rundlich*, mit gekrümmten, weit abstehenden Borsten. Blb scharlachrot, sonst wie voriger. Äcker, zerstreut.

2. Staubfäden pfriemenförmig, Kapsel kahl, Narbenscheibe kerbig gelappt.

P. Rhoeas (ῥοιά, wahrscheinlich wegen der Ähnlichkeit der Blütenfarbe mit der des Granatapfels), Klatschrose. Abstehend borstig be-

haart. Blumen gröfser als bei beiden vorigen, scharlachrot, oft am Grunde schwarz gefleckt. Kapsel verkehrt-eiförmig, kahl. Narbenlappen 7—12, sich deckend. Äcker, besonders auf besserem *(lehmigem)* Boden, im Osten seltener. Juni, Juli. ***P. dubium.*** Blütenstiel von anliegenden Haaren rauh. Blb scharlachrot. Kapsel länglich-keulenförmig. Narbenlappen 7—9, sich nicht deckend. Sandige Äcker, weniger häufig als voriger.

Fam. 25. Cruciferae, Kreuzblütler. K 2 + 2, C 4, diagonal, A 2 kurze + 2 × 2 lange, G (2). Blüten in Trauben. Fr eine Schote oder, wenn kurz, ein Schötchen. Häufig Honigdrüsen an der Basis des Frk.

Nasturtium (Name einer scharfen Gemüsepflanze bei Plinius). Blumen gelb oder (bei *N. officinale,* Brunnenkresse) weifs. Fr kugelig bis linealisch. Meist am Wasser. ***N. amphibium*** (*ἀμφίβιος*, doppellebig). Blätter länglich, untere oft kammförmig eingeschnitten, obere gezähnt. Schötchen fast kugelig. ***N. silvestre.*** B. fiederspaltig oder gefiedert. Schoten linealisch. ***N. palustre.*** Bl blafsgelb, klein, so lang als der Kelch. B fiederspaltig. Schoten länglich, gedunsen.

Barbaraea, Winterkresse. Schote linealisch, abgerundet, 4kantig. Narbe stumpf oder ausgerandet. ***B. vulgaris.*** ⊙. Untere Blätter leierförmig, Endlappen sehr grofs, rundlich-eiförmig. Bl gelb, fast doppelt so lang als der Kelch. Schoten aufrecht abstehend. Wiesen, feuchte Äcker. 30—60 cm. Mai—Juli.

Túrritis glabra, glattes Turmkraut. St einfach, bis 1,25 m hoch. Obere Blätter tief herzpfeilförmig, stengelumfassend. Bl klein, gelblichweifs. Steinige Orte, Gebüsche etc.

Árabis, Gänsekresse. Schoten linealisch, meist zusammengedrückt. ***A. hirsúta,*** rauhhaarige Gänsekresse. Stengelblätter länglich-eiförmig, am Grunde kurz pfeilförmig, mit *abstehenden* Öhrchen. ⊙. Trockene Wiesen, Waldränder, zerstreut. Bl klein, weifs. Mai, Juni. ***A. arenosa.*** ⊙. Oft ♃. Untere Blätter langgestielt, leierförmig-fiederspaltig; die obersten kurzgestielt, länglich-lanzettlich. Bl mittelgrofs, weifs oder lila. Schoten abstehend. Wiesen, auf Sand, Lehm und Humus. April—Sept.

Cardámine (*καρδαμίνη* bei Paulos Aiginetes Pflanzenname), Schaumkraut. Schote linealisch (Fig. 12). ***C. pratensis***, Wiesen-Schaumkraut. St rund, hohl. B gefiedert, Grundblätter rosettig, mit rundlichen Blättchen. Stengelblätter mit linealischen Blättchen. Blumenblätter 2mal so lang als die Staubblätter. Antheren gelb. ♃. Feuchte, besonders saure Wiesen, gemein. März—Mai. 30 cm. ***C. amara,*** bitteres Schaumkraut. Wurzelstock kriechend, ausläufertreibend. St kantig, nicht hohl. Untere Blätter nicht rosettig, Blättchen eckig gezähnt. ♃. Quellen, Gräben. April, Mai. Staubbeutel violett. Blumenblätter wenig länger als die Staubblätter.

Sisymbrium officinale, gebräuchlicher Raukensenf. Bl klein, gelb, in langen, blattlosen Trauben. Schoten steif, der Achse angedrückt. An Wegen.

Stenophragma Thalianum. Bl klein, weifs. Grundblätter rosettig, länglich. Sandfelder, Brachäcker, gemein. ⚇, auch ⊙. April, Mai, seltener Herbst.

Erýsimum (Pflanzenname bei Theophrastos), Schotendotter. *E. cheiranthoides.* Bl goldgelb. Blätter länglich-lanzettlich. Schoten scharf vierkantig, doppelt so lang als ihr Stiel. Äcker, Flufsufer, häufig. ⊙ oder ⚇. Mai bis Herbst. 30—60 cm. *E. odoratum,* wohlriechender S. Blütenstielchen kürzer als der Kelch, Bl ansehnlich, zitronengelb. Schoten grau mit grünen Kanten. ⚇. Kalkberge, fast nur in Mittel- und Süddeutschland.



Fig. 12. Cardamine pratensis. *a* Vorderseite der Blüte; *b* Staubgefäfse und Fruchtknoten; *c* Kronblatt; *d* reife Schote. (Nach Garcke.)

Brássica (Pflanzenname bei Cicero), Kohl (im weiteren Sinne). Schote linealisch, stielrund oder fast 4 kantig. Bl gelb.

a) Staubfäden sämtlich aufrecht. Same glatt:

B. olerácea, Kohl. Traube locker. Kelch aufrecht. Schoten auf abstehenden Stielen aufrecht.

b) Die 2 kürzeren Staubfäden abstehend aufrecht. Same grubig punktiert:

B. Rapa, Rübsen, auch Wasser-Rübe. Untere Blätter *grasgrün,* leierförmig-fiederspaltig, *steifhaarig,* obere eiförmig oder lanzettlich, stengelumfassend, blaugrün. Traube während des Aufblühens flach, Knospen von den geöffneten Blüten überragt. Kelch zuletzt wagrecht abstehend. Bl goldgelb. Schoten fast aufrecht.

B. Napus, Raps, auch Kohlrübe, Wruke. Alle Blätter blaugrün. Traube schon beim Aufblühen locker, Knospen die aufgeblühten Blumen überragend. Staubbeutel an der Spitze mit einem roten Punkt. Kelch zuletzt aufrecht abstehend. Schoten abstehend.

B. nigra, schwarzer Senf. Schoten kürzer, an die Traubenachse gedrückt. ⊙. Flufsufer, Mittel- und Süddeutschland. Auch gebaut.

Sinápis (Pflanzenname bei Plinius). *S. arvensis,* Ackersenf, auch Hederich genannt (der echte Hederich ist Raphanus Raphanistrum). Blätter eiförmig oder länglich, buchtig gezähnt, unterste fast leierförmig-fiederspaltig. Kelch *wagrecht* abstehend. Bl goldgelb. Schoten so lang als

ihr abfallender Schnabel. Same schwarz. Sehr lästiges Unkraut, besonders unter Sommergetreide. *S. alba,* weifser Senf. B gefiedert, Schoten steifhaarig, Schnabel bleibend, sichelförmig.

Ráphanus Raphanistrum (ῥάφανος, antiker Name des Rettichs), Acker-Rettich, echter Hederich. Schote bei der Reife hart, perlschnurartig, quer in die 1samigen Stücke zerfallend (Gliederschote). Kelch aufrecht. Blumenblätter hellgelb mit violetten oder gelben Adern, selten weifs oder lila. Sehr lästiges Unkraut unter Sommergetreide. *R. sativus*, Rettich, Radieschen. Schote schwammig, nicht aufspringend. Bl weifs oder violett.

§ 18.

Elfte Reihe: Rosales.

Fam. 26. Saxifragaceae. Frb meist 2, unter- bis oberständig. Same *mit* reichlichem Nährgewebe. Sonst meist wie die Rosaceae.

Saxifraga (saxum Felsen, frangere brechen). Bl meist 5zählig, Kapsel 2fächerig. Viele Arten in den Gebirgen.

S. granulata, körniger Steinbrech. Grundblätter rosettig, langgestielt, rundlich-nierenförmig, gekerbt, die unteren in ihren Achseln Zwiebeln tragend. Bl weifs. ♃. Sonnige Hügel, Grasplätze. Mai, Juni.

Parnássia, Herzblatt. Vor den Blb 5 Nebenkronen-B mit borstigen, drüsentragenden Wimpern. *P. palustris,* Sumpf-H. Untere B herzförmig, langgestielt, das einzige Stengelblatt stengelumfassend. St einblütig. Bl grofs, weifs. Frb 4. ♃. Feuchte Wiesen. Juli—Sept.

Fam. 27. Rosaceae. Blütenformel meist K 5, C 5 (selten 0), A n.5, G 5 oder n.5 oder 4 bis 1, wobei n = 2, 3 oder 4, selten mehr sein kann. Same meist *ohne* Nährgewebe. B spiralig, meist mit Nebenblättern, oft gefiedert oder gefingert. Blütenachse konvex, flach, schüssel- oder becherförmig. Kelch, Blumenblätter und Stbb am Rande der Blütenachse *um* den Frk (perigynisch) oder *oberhalb* desselben stehend (epigynisch). Frb jedes für sich bleibend (apokarp), der gewölbten oder zylindrischen oder becherartig vertieften Blütenachse eingefügt oder (beim Kernobst) mit der Innenwand der hohlen Blütenachse vereint. Balgkapseln, Schliefsfrüchte oder eine Steinfrucht, oder bei Verdickung der Blütenachse eine Apfelfrucht bildend. Nebenblätter oft dem Blattstiel angewachsen. Hierher *Rosa, Spiraea, Pirus, Prunus, Fragaria* etc.

Übersicht der auf Wiesen vorkommenden Gattungen:

1. Bl sehr klein, kronenlos, in grünlichen, rötlichen oder dunkelbraunen Köpfchen:
   a) B handförmig gelappt. Kelchsaum 8spaltig, grün, mit 4 (oder 1) Stbb . . . . *Alchemilla.*
   b) B unpaarig gefiedert. Kelch rotbraun oder grünlich-rot . . . . *Sanguisórba.*

2. Bl etwas gröfser, mit Kelch und Krone, weifs, in Rispen oder Doldenrispen. B gefiedert . . . . *Filipéndula (Ulmária).*
3. Bl grofs, mit Aufsenkelch, B gefiedert oder gefingert:
   a) Blumenblätter lanzettlich, zugespitzt, bleibend, schwarzpurpurn . . . . *Cómarum.*
   b) Blumenblätter rundlich, zuweilen 4, gelb (selten weifs). Griffel abfallend . . . . *Potentilla.*
   c) Blb gelb oder rötlich. Griffel bajonettartig, hakig *Géum.*

Alchemilla vulgaris (zuerst bei Bock), gem. Taumantel. Grundblätter langgestielt, rundlich, mit 5—9 halbkreisförmigen, gesägten Lappen. Fruchtbare Wiesen, an Bächen. 15—30 cm.

Sanguisorba officinalis (sanguis Blut, sorbere einsaugen), *(Poterium officinale)*, gemeiner Wiesenknopf. Bis 1 m hoch. Blättchen 7—13, gestielt. Bl meist ☿. Ährchen (Köpfchen) rundlich oder länglich, dunkelbraun. Zeigt gute, mäfsig feuchte Wiesen an. Juni—September.

S. minor (Poterium Sanguisorba), kleiner W, Pimpernelle (nicht zu verwechseln mit dem Doldengewächs Pimpinella). Blättchen 9—25. Ährchen rundlich, grün, die oberen Blüten in denselben ♀, die unteren ♂, mit 20—30 Stbb, die mittleren oft ☿. Narben purpurn. Kelchbecher bei der Reife runzelig, steinhart, grau. (Als Verunreinigung unter Esparsettesaat.) ♃. 30—60 cm. Mai—Juli.

Filipendula Ulmaria (Spiraea Ulmaria), ulmenblättrige oder Sumpf-Spierstaude, Wiesenkönigin. Grundachse knollig. Blättchen grofs, eiförmig, das endständige handförmig geteilt. Bl gelblich-weifs, in Trugdolden, stark nach salicyliger Säure (wie Bittermandelöl) riechend. Feuchte Wiesen. ♃. 60—120 cm. Juni—August.

F. hexapétala (Spiraea Filipendula), knollige S. Wurzeln in der Mitte knollig verdickt. St oberwärts fast blattlos, Blättchen klein, fiederspaltig eingeschnitten. Bl weifs, aufsen oft rötlich. Trockene Wiesen, nicht überall.

Comarum palustre (*χόμαρον*, bei Theophrastos die Fr von *χόμαρος* Erdbeerbaum), Sumpf-Blutauge (Fig. 13). Halbstrauch, auf Sumpfwiesen und in Torfsümpfen. Rhizom weitkriechend. B unpaarig gefiedert, Blättchen länglich, scharf gesägt, unterseits blaugrün. Blumenblätter kürzer als der Kelch. Durch die schwarzpurpurne Farbe leicht auffallend.

Potentilla (von potens mächtig, kräftig, wegen angeblicher Heilkraft), Fingerkraut. Bl aufser bei P. alba gelb. 1. *Blätter fiederspaltig.* Hierher nur das lästige Unkraut *P. Anserina*, Gänse-Fingerkraut, mit *unterbrochen gefiederten,* unterseits weifsfilzigen Blättern. St kriechend. Wiesen. ♃. Mai—Juli. 20—50 cm lang. Nimmt besseren Pflanzen den Platz durch ihre Blattrosetten und vermehrt sich durch Ausläufer sehr stark.

2. *Blätter 3—5 zählig, gefingert: P. argéntea.* B 5zählig, Blättchen keilförmig bis lineal, unterseits silberweifs. Trockene Grasplätze. ♃. Juni, Juli. 15—30 cm. *P. reptans*, kriechendes Fingerkraut. Scheinachse 30—60 cm lang, kriechend, meist ohne Laubzweige. B fufsförmig-5zählig. Bl meist 5zählig. Feuchte Wiesen. Juni—August.

Potentilla silvestris (P. Tormentilla), Blutwurz. St aufsteigend, 15 bis 30 cm. Stengelblätter 3zählig. Bl meist 4zählig. Feuchte Wiesen, Triften, Wälder. Juni—August.



Fig. 13. Comarum palustre.
a Blüte ohne die Kronblätter; *b* Kronblatt; *c* Fruchtboden; *d* Einzelfruchtknoten mit Griffel.
(Nach Garcke.)



Fig. 14. Geranium pratense.
a Blüte, deren Kronblätter abgefallen; *b* Staubgefäfse und Fruchtknoten nach der Blütezeit; *c* Längsdurchschnitt durch die Fruchtknotensäule; *d* sich abrollendes Teilfrüchtchen.
(Nach Garcke.)

Geum (Name bei Plinius) ***urbánum***, gemeine Nelkenwurz. Bl goldgelb. ♃. 30—60 cm. Mai—Juli. Gebüsche. *G.* ***rivále***, Bach-N. Bl blafsgelb, aufsen rotbraun überlaufen. Feuchte Wiesen. ♃. 20—50 cm. Mai—Juni.

Fam. 28. Leguminosae, Hülsenfrüchte. Wird ihrer besonderen Wichtigkeit wegen in Kapitel VI, S. 311 eingehender behandelt werden.

§ 19.

Zwölfte Reihe: Geraniales. Meist 5gliedrig. Frb meist je mit 2—1 Samenanlagen.

Fam 29. Geraniaceae, Storchschnabelgewächse. Frb (Klappen) *vor* den Kelchblättern stehend. Fr (Storchschnabel) in 5 geschnäbelte Teilfrüchte zerfallend. Blätter meist handförmig gelappt oder geteilt.

Gerdnium (*γέρανος* Kranich, wegen der langen Fruchtschnäbel), Storchschnabel (Fig. 14). Granne (Schnabel) der Fruchtklappen bei der Reife kreis- oder bogenförmig eingerollt (bei der Gattung Erodium spiralig).

I. Ausdauernde Arten. a) Blumenblätter ungeteilt. *α*) Blütenstiel *2blütig*: *G. pratense.* St drüsig behaart. Blume *blau.* Stiel der einzelnen Blüten nach dem Verblühen abwärts gebogen. Staubfäden aus eiförmigem Grunde plötzlich verschmälert. Zeigt die *besten* Wiesen an. 50—90 cm hoch. Juli, August. *G. palustre.* St oberwärts drüsenlos, behaart. Staubfäden allmählich verschmälert, sonst wie vorige, Blb violett-purpurn. Wiesen, feuchte Laubwälder. — *β*) Blütenstiel *1blütig*: *G. sanguineum.* Bl hellpurpurn. Sonnige Hügel, trockene Waldwiesen.

b) Blumenblätter herzförmig, 2spaltig, ziemlich klein. *G. pyrenáicum.* St oben drüsig weichhaarig. Waldwiesen in Süddeutschland, öfter auf Grasplätzen etc. verwildert.

II. Einjährige Arten. Bl meist klein. Hierher *G. pusillum*, lila; *G. dissectum* (auf Lehmäckern), purpurn; *G. Robertianum*, in feuchten Gebüschen, unangenehm riechend.

Fam. 30. Polygalaceae (*πολύς* viel, *γάλα* Milch). Blüten zygomorph (nur durch *eine* Ebene symmetrisch teilbar). Kelch bleibend, 5blätterig, seine 2 seitlichen Blätter (Flügel) gröfser, *blumenblattartig.* Stbb 8, unterwärts zu einer Röhre verbunden, je 4 weiter hinauf vereinigt.

Polýgala (Pflanzenname bei Plinius), Kreuzblume. Blumenblätter 3—5, mit den Stbb verwachsen, das vordere gefranst. Kapsel verkehrt-herzförmig. *P. vulgaris.* Obere Blätter lineal-lanzettlich, Tragblätter die Blüte beim Aufblühen nicht überragend. Bl blau, rosa oder weifs. ♃. Etwas trockene Wiesen. Mai—Juli. *P. comósa.* Blüten schopfig, weil die Tragblätter die Blüten schon vor dem Aufblühen überragen. Schmutzig rosenrot, selten weifs. Liebt Kalk (Orchideenwiesen, Diluvialhügel). *P. amára.* Untere Blätter verkehrt-eiförmig, meist eine *Rosette* bildend, obere keilförmig-länglich. Seitennerven der Flügel aufsen aderig, mit nicht verbundenen Nerven. Bei uns hellblau oder milchweifs, auch rot. ♃. Mäfsig feuchte anmoorige Wiesen. Mai, Juni. 5—15 cm.

Fam. 31. Euphorbiaceae, Wolfsmilchgewächse. Meist mit Milchsaft. Blüten ♂, ♀. Fr meist eine in 3 Teile sich spaltende Kapsel.

Euphórbia, Wolfsmilch. Die als einzelne Blüten erscheinenden Gebilde stellen einen ganzen Blütenstand dar, der von einem Hüllbecher mit 4—5spaltigem Saum umgeben ist. Saumlappen dick, drüsig, oft halbmond-

förmig und gelbgrün (Drüsen genannt). Im Becher 1 langgestielte ♀ Bl mit 3 Griffeln und zahlreiche ♂ Blüten, die auf 1 Stbb reduziert sind. *E. Ésula.* B glanzlos, verkehrt-länglich- bis lineal-lanzettlich, über der Mitte am breitesten. Hiervon die Unterart *E. pinifolia* mit nur schwach warziger, reif grüner Kapsel, auf Wiesen im Überschwemmungsgebiet der mittleren Elbe, Provinz Sachsen. 20—50 cm hoch. *E. Cyparíssias,* zypressenartige Wolfsmilch. B graugrün, schmal-lineal. Drüsen gelb. Sandfelder, gemein. 15—30 cm. April, Mai. Alle Arten mit giftigem, weifsem Milchsaft.

Fam. 32. Callitrichaceae. Blätter gegenständig. Wasserpflanzen. *Callítriche* (Pflanzenname bei Plinius, καλός schön, ϑρίξ Haar) *stagnalis.* ♃. St dünn, bis 25 cm lang. Blätter linealisch, hellgrün, obere rosettig. *C. verna,* wie vorige; obere Blätter verkehrt-eiförmig. Beide in stehendem und fliefsendem Wasser. Mai bezw. April — Herbst. Zeigen *gutes* Rieselwasser an.

§ 20.

Dreizehnte Reihe: Parietales, Wandständige. Samenanlagen meist an der Wand des Fruchtknotens.

Fam. 33. Violaceae, Veilchengewächse. *Víola palustris* (Pflanzenname bei den Römern), Sumpfveilchen. B rundlich-nierenförmig. Nebenblätter eiförmig, meist gefranst. Blumenblätter verkehrt-eiförmig, lila. ♃. Sumpfwiesen. Moore. ♃. April, Mai. 5—15 cm. *V. trícolor*, Stiefmütterchen. Nebenblätter grofs, leierförmig fiederspaltig. Trockene Äcker, gern auf Sand.

§ 21.

Vierzehnte Reihe: Myrtiflorae. Blätter oft gegenständig, Blütenachse mehr oder minder becherartig oder röhrig.

Fam. 34. Lythraceae. B ungeteilt. Frk frei.

Lythrum salicaria (λύϑρον, Pflanze bei Dioskorides, salix Weide, wegen der Blattform, zuerst bei Tournefort), Weiderich. Blätter gegenständig oder zu 3, selten spiralig. Ähre lang, aus zahlreichen Quirlen. Blütenachse (sogen. Kelchbecher) trichterförmig, zylindrisch. Bl 6 zählig, Blumenblätter purpurrot. Stbb 12. Griffel 1. Zeigt Heterostylie oder Trimorphismus: 1) kurze und mittellange Stbb und 1 *langer* Griffel; 2) kurze und lange Stbb und 1 *mittellanger* Griffel; 3) mittellange und lange Stbb und 1 *kurzer* Griffel. ♃. An Gräben, gemein.

Fam. 35. Oenotheraceae, Nachtkerzengewächse. Bl oberständig, meist K 4, C 4, A 4 + 4, G (4 oder 2).

Epilóbium (ἴον επὶ λοβόν, Veilchen über der Schote), Weidenröschen. Kapsel linealisch. Samen mit Haarschopf. *E. angustifolium.* B

spiralig. Traube lang, schön hellpurpurn. Auf Sand, besonders auf abgeholzten Waldstellen. *E. hirsútum, parviflorum, róseum, palustre* und viele andere Arten an Gräben, auf Sumpfwiesen. Diese alle haben die unteren Blätter gegenständig (oder zu 3), alle rot oder blafsrot.

Oenothéra (Pflanzenname bei Plinius), Nachtkerze. Kapsel unten dicker, zuletzt fast holzig. Samen ohne Haarschopf. *O. biennis,* zweijährige Nachtkerze. Bildet im 1. Jahr nur Blattrosetten, im 2. Jahr einen bis 1 m hohen St mit gelben, langröhrigen Blüten. Seit 1614 aus Amerika eingewandert. Auf Sandfeldern und Ödland, gemein. Wurzel efsbar (Rapontika).

Fam. 36. Halorrhagidaceae, Wasserpflanzen. Blüten klein, Kelch oberständig.

Myriophýllum (μυρία unzählig, φύλλον Blatt, Wasserpflanze bei Dioskorides), Tausendblatt. Mit quirlständigen, kammartig gefiederten Blättern mit haarförmigen Abschnitten. Bl einhäusig, rosa, in Ähren über dem Wasser. *M. verticillatum.* Deckblätter sämtlich fiederspaltig. Ähren aufrecht. Blüten in Quirlen. *M. spicatum* und *alterniflorum.* Obere Deckblätter ungeteilt. Alle in Flüssen, Seeen etc. Gutes Rieselwasser anzeigend.

Hippúris (ἵππος Pferd, ὀυρά Schwanz, Pflanzenname bei Dioskorides), Tannenwedel. B ungeteilt, quirlig. Bl ☿, ohne Blumenblätter, nur 1 Staubblatt und 1 Griffel. Wurzelstock kriechend. St eng, röhrig. Blätter zu 8—12 im Quirl, linealisch. Dem Schlamm-Schachtelhalm Equisetum limosum (heleocharis) entfernt ähnlich, durch den engröhrigen St, den Mangel der Scheiden, die gut ausgebildeten Blätter leicht zu unterscheiden. ♃. Stehende und langsam fliefsende Gewässer. Zeigt gutes Rieselwasser an.

§ 22.

Fünfzehnte Reihe: Umbelliflorae, Doldenblütler. Blüten oberständig, meist 5gliedrig, meist in Dolden.

Fam. 37. Umbelliferae, Doldengewächse. K 5 oder meist 0, C 5, A 5, G $\overline{2}$. B spiralig, meist mehrfach gefiedert, mit Stiel und Blattscheide. Blüten in einfachen oder meist zusammengesetzten Dolden, die randständigen oft gröfser und zygomorph strahlend. Kelchsaum undeutlich oder (z. B. beim Koriander) 5zähnig. Blumenblätter meist weifs, klein. Der *unter*ständige Frk spaltet sich bei der Reife in 2 Hälften, die dann an einem meist gespaltenen Fruchtträger baumeln: Teilfrüchte (ein Kümmelkorn ist also eine halbe Fr). Meist hat jede Teilfrucht 5 Rippen, 3 auf dem Rücken, 2 an dem Rande. Die Vertiefungen zwischen den Rippen heifsen Tälchen, sie sind öfter durch eine Nebenrippe geteilt. Diese kann mitunter weiter vortreten als die Hauptrippe und borstenförmig gefiedert sein, z. B. bei der Mohrrübe. An den Stellen, wo die Tälchen sind, liegen

oft in der Fruchtschale Ölstriemen; normalerweise zwischen den 5 Rippen 4, aufserdem an der Berührungsfläche der beiden Teilfrüchtchen noch 2; ein Kümmelkorn hat also 6 Ölstriemen. Einige Doldengewächse haben viele Ölstriemen, andere, z. B. der gefleckte Schierling, keine.

Die Gesamtdolde ist meist von Hüllblättern umgeben (Hülle), die einzelnen Döldchen oft ebenfalls (Hüllchen). Diese geben gute Erkennungsmerkmale.

Übersicht der wichtigsten, auf Wiesen etc. vorkommenden oder als Bonitierungspflanzen dienenden Doldengewächse.

I. Blüten in einfachen Dolden oder Köpfchen:
  Kleine Wasserpflanze mit kreisrunden, schildförmigen Blättern: *Hydrocótyle vulgaris,* gemeiner Wassernabel.
  Land-(Kalk-)pflanze mit weifser oder rötlicher, grün geaderter Hülle und weifsen oder rötlichen Blüten: *Astrantia major,* grofse Sterndolde, Strenze.

II. Blüten in zusammengesetzten Dolden:
  A. Blumenblätter gelb, eingerollt, B ungeteilt: *Bupleurum,* Hasenohr.
  „ „ B gefiedert, Hülle und Hüllchen fehlend: *Pastináca sativa,* gebaute Pastinake.
  „ „ Hülle 0 oder 1—2blätterig, Hüllchen vielblätterig: *Silaus pratensis,* Silau, in Norddeutschland selten.

  B. Blumenblätter weifs:
    a) *Hülle und Hüllchen fehlend* oder wenigblätterig (1—3):
      untere Blätter doppelt, obere einfach 3zählig, nicht gefiedert: *Aegopódium Podagraria,* Ziegenfufs, Giersch.
      „ „ rundlich, oder einfach gefiedert, Fr 2knotig: *Pimpinella.*
      „ „ doppelt (fein) gefiedert, Fr länglich: *Carum Carvi,* Kümmel.
    b) *Hülle fehlend* oder wenigblätterig (1—3), *Hüllchen vielblätterig:*
      1. Kronenblätter *ausgerandet.* Fr 2knotig. B dreifach gefiedert, Blättchen lanzettlich bis linealisch, scharf gesägt. Blattstiel hohl. Unterirdischer St angeschwollen, quer gefächert: *Cicúta virosa,* Wasserschierling.
      2. Kronenblätter *verkehrt-eiförmig* mit eingebogenem Läppchen:
        α) Hüllchen einseitswendig *herabhängend,* Laubblätter glänzend: *Aethúsa Cynápium,* Gartenschierling, Hundspetersilie.
        β) Hüllchen nicht herabhängend:
          Kelchsaum *5zähnig,* Fruchtträger nicht gespalten, Fr mit langen Griffeln, B blafsgrün: *Oenanthe,* Rebendolde.
          Kelchsaum *undeutlich:*
            Fr eiförmig, flügelig gerippt, Rand klaffend: *Selinum,* Silje.
            „ zusammengedrückt, Rand klaffend, geflügelt, Blumenblätter elliptisch, grünlich-weifs. Bis 2 m hoch. Blattscheide aufgeblasen: *Archangelica* (vergl. Angelica), Engelwurz.
            „ linsenförmig, am Rande schmal geflügelt: *Peucédanum officinale,* Haarstrang.

Fr linsenförmig, am Rande breit geflügelt. St behaart: *Heracléum*, Bärenklau.
„ länglich-scharfrippig. Blattzipfel haarfein. Im Gebirge: *Méum*, Bärwurz.
„ länglich oder eiförmig, geschnäbelt, kahl oder borstig: *Anthríscus*, Kerbel.
„ länglich, ungeschnäbelt, kahl, gerippt: *Chaerophýllum.*
„ eiförmig, 2knotig, wellig gerippt: *Coníum maculatum*, gefleckter Schierling.

3. Kronenblätter elliptisch, ohne eingebogene Spitze. Pflanze bis 2 m hoch. Bl weifs. Blattstiel seicht rinnig. Sonst wie Archangelica: *Angélica*, Brustwurz.

c) *Hülle und Hüllchen vielblätterig:*

aa) Fr länglich oder fast 2knotig:
St kantig gefurcht. Abschnitte der oberen Blätter schief-lanzettlich, scharf gesägt. Fr länglich-eiförmig: *Sium*, Merk.
„ stielrund, gefurcht. Abschnitte der oberen Blätter eiförmig-länglich, eingeschnitten gesägt. Fr fast 2knotig: *Bérula*, Berle.

bb) Fr linsenförmig:
Hülle und Hüllchen zurückgeklappt:
* breit häutig berandet. St kantig gefurcht. Zipfel der Laubblätter mit weifslicher Stachelspitze: *Peucedanum palustre.*
** nicht häutig berandet. St stielrund, gefurcht: *Peucedanum Cervaria* und *P. Oreoselinum.*

§ 23. *Kulturtechnisch wichtige Umbelliferen.* Das wichtigste und nützlichste Doldengewächs unserer Wiesen ist der Kümmel.

Carum Carvi (*κάρον* Pflanzenname bei Dioskorides, carvi aus dem Arabischen, kerawi kerawia, Name einer Doldenpflanze), Kümmel. (Fig. 15.) ⊙. B doppeltgefiedert, mit fiederteiligen Blättchen und schmallinealischen Abschnitten; die beiden untersten Fiedern erster Ordnung weit hinabgerückt, am Grunde des scheidenartigen Blattstiels stehend und ein Kreuz bildend. Hülle 0 oder 1blätterig. Hüllchen 0. B weifs. Wegen des in allen Teilen, besonders aber im Samen enthaltenen ätherischen Öles als Gewürzpflanze anzusprechen. Dem Vieh, besonders Rindvieh und Schafen, in nicht zu grofser Menge sehr willkommen, soll die Milchsekretion befördern und die Blähungen, die frischer Klee veranlafst, verhindern. Auch soll er das Verdauungs- und das Nervensystem anregen. (Vergl. Werner, Handbuch des Futterbaues; Pott, Die landw. Futtermittel.)

In Gebirgsgegenden ist sehr geschätzt:

Meum (*μεῖον* oder *μῆον*, Pflanzenname bei Dioskorides) ***athamanticum***, haarblätterige Bärwurz. ♃. Wurzelstock oben schopfig. B doppelt-

fiederteilig, Fiederchen in viele haarfeine, fast quirlig gestellte Zipfel geteilt. Wurzelstock sehr aromatisch. Bl weifs. ***Meum Mutellina,*** das noch höher geschätzte Mutternkraut der Schweizer Sennen, kommt nur auf Wiesen höherer Gebirge vor, nicht am Harz. Blattzipfel lineal-lanzettlich. Bl rötlich. Ferner ist ein gutes Futter ***Daucus Caróta*** (Name bei Apicius), Mohrrübe. B doppelt oder 3fach fiederteilig, ***matt.*** Zipfel länglich-lanzettlich. Blattstiele steifhaarig. Hüllblätter 3spaltig oder fiederspaltig, zur Fruchtzeit die vertiefte Dolde wie ein Vogelnest umgebend. ⨀ auch ⨀. Wiesen, Wegränder, gern auf Lehm und Kalk.

Auf trockenen Wiesen kommen vor: ***Peucedanum Oreoselinum*** (*πευκεδανόν*, Pflanzenname bei Dioskorides). Grundblätter 3fach gefiedert. Verzweigungen des Blattstiels abwärts geknickt. Blättchen mit länglich-lanzettlichen Zipfeln. ♃. 60—90 cm. Auf trockenen Hügeln, besonders auf *Kalk*. ***P. Cervaria,*** Hirschwurz. Verzweigungen des Blattstiels flach ausgebreitet. Blättchen länglich-lanzettlich, scharf gesägt, unterseits ***blaugrün,*** fast lederartig. Futterwert gering.



Fig. 15. Carum Carvi.
a Blüte, bei *b* längsdurchschnitten *c* die Teilfrüchtchen, bei *d* beide querdurchschnitten.
(Nach Garcke.)

Einigermafsen nützlich ist noch die ***Pastinake, Pastinaca sativa*** (Pflanzenname bei Plinius), die einzige Umbellifere auf Wiesen mit gelben Blüten, deren Wurzel bekanntlich efsbar ist. Nach Werner ist das Kraut seines bitteren Geschmackes wegen in gröfseren Mengen kaum verwendbar.

Die meisten anderen Umbelliferen sind schädlich, weil sie besseren Pflanzen den Raum fortnehmen, teilweise auch giftig sind. Am häufigsten sind darunter:

Anthriscus silvestris, wörtlich Waldkerbel, gewöhnlich Kälberkropf genannt. Hülle meist 0, Hüllchen aus meist 5 zurückgeschlagenen gewimperten Blättchen bestehend. Bl weifs. Fr länglich, reif lackartig glänzend. Der eigentliche Kälberkropf, Chaerophyllum, z. B. ***Ch. témulum,*** betäubender Kälberkropf, ⨀, kommt mehr in Gebüschen vor. Er hat vielblätterige gewimperte Hüllchen und keinen deutlichen Schnabel (d. h. Fortsatz) an der Fr. St auch oben behaart, unten oft trüb purpurn gefleckt.

Pimpinella magna (als Pflanzenname zuerst bei Matthaeus Sylvaticus), grofse Bibernelle (nicht zu verwechseln mit ***Sanguisorba minor,*** Pimpernelle, S. 200). St kantig gefurcht, bis 90 cm hoch. B gefiedert. Blättchen ei-länglich, eingeschnitten gesägt. Hülle und Hüllchen 0. Griffel

zur Blütezeit länger als der Frk. ♃. Wiesen, Wiesenmoore. Juni—September. *P. Saxifraga,* bis 60 cm. St stielrund, gestreift. Blättchen der Grundblätter sitzend, rundlich, eingeschnitten gekerbt gesägt. Griffel zur Blütezeit kürzer als der Frk, sonst wie vorige. ♃. Auf Triften, trockenen Hügeln etc. Beides minderwertige Futterpflanzen.

Bupleurum. Blumen *gelb.* Blätter ungeteilt. *B. falcatum,* sichelförmiges Hasenohr. B oft sichelförmig gebogen, untere elliptisch, mit gleich starken Längsnerven. Dolden 6—10strahlig. An Kalkbergen in Mittel- und Süddeutschland. 6—10 dm. *B. longifolium.* B mit 1 starken Nerv, ei-länglich, obere tief herzförmig stengelumfassend. Auf Kalk und Glimmerschiefer. 3—10 dm. *B. rotundifolium.* Mittlere und obere Blätter eiförmig, *durchwachsen.* Unter der Saat auf Ton und Kalk. 15—50 cm. In Norddeutschland selten. *B. tenuissimum.* B lineal-lanzettlich. Bl sehr klein. *Salzhaltige* Orte. 8—25 cm.

Höchst lästig ist die steifbehaarte Bärenklau, *Heracleum Sphondylium* (heracleum, Pflanzenname bei Plinius, *σφονδύλιον* bei Dioskorides), B gefiedert. Hülle fehlend oder vorhanden. Hüllchen vielblättrig. Fr linsenförmig. Ölstriemen keulenförmig. Stebler und Schröter („Die Alpenfutterpflanzen") erklären das H. Sp. für eine *gute* Futterpflanze.

Auf beschatteten Wiesen und in Parkanlagen kommt viel vor: *Aegopodium Podagraria* (*αἴξ* Ziege, *πόδιον* Füfschen, zuerst bei de l'Obel, wegen angeblicher Heilkraft beim Podagra), genannt Geisfufs, Giersch. Durch viele Ausläufer sich sehr schnell verbreitend und kaum auszurotten.

Giftig sind u. a. der Wasserschierling, *Cicuta virosa* (Pflanzenname bei Herodius und Plinius), kenntlich durch die oft sellerieknollenähnlich angeschwollenen unteren Stengelteile, die quer gefächert sind. Der gefleckte Schierling, *Conium maculatum,* an Zäunen. St unten rot gefleckt. Hülle und Hüllchen zurückgeschlagen. Fr mit wellig gekerbten Rippen. Riecht mäuseartig, besonders welk. *Aethusa Cynapium* (zuerst bei Tabernaemontanus, *κύων* Hund und Apium, Name einer Doldenpflanze), Gartenschierling, *unter Petersilie.* Ob wirklich giftig, ist zweifelhaft. Da er ⊙, die Petersilie aber ⊙ ist, wächst er viel schneller in die Höhe. Blättchen glänzend, gerieben ohne Petersiliengeruch, daran zu erkennen; noch besser zur Blütezeit an den 3 schmalen, einseitswendig lang herabhängenden Blättern der *Hüllchen.*

Die Gräben werden besonders verunkrautet durch: 1. *Berula angustifolia* (Pflanzenname bei Marcellus Empiricus), schmalblätterige (in Wirklichkeit ziemlich breitblätterige) Berle (*Sium angustifolium*). St rund. B einfach gefiedert, untere mit eiförmigen, obere mit länglichen Fiedern, eingeschnitten-gesägt. Dolden kurz gestielt. Hülle vielblätterig mit lanzettlichen, meist

fiederspaltigen Blättchen. Fr eiförmig, fast 2knöpfig. 30—60 cm. Juli — Herbst.

Sium latifolium (*σίον*, Pflanzenname bei Theokritos und Dioskorides), breitblättriger Merk. Ausläufer treibend. Wurzeln fadenförmig. St kantig. B gefiedert. Blättchen der untergetauchten Blätter doppeltfiederteilig mit linealischen Zipfeln, die der Luftblätter schief-lanzettlich, scharf gesägt. Soll *giftig* sein. 60—125 cm. Juli, August.

Oenanthe (*οἶνος* Wein, *ἄνϑη* Blume, wegen der weinähnlichen Blüte), Rebendolde, Pferdesaat. A. *Ausdauernd.* Wurzeln zum Teil knollig verdickt. *O. fistulosa,* röhrige Pferdesaat. Ausläufer treibend. Dickere Wurzeln rübenförmig. St wenig ästig, nebst den langen Blattstielen *weitröhrig.* Blätter kürzer als der Blattstiel, obere einfach gefiedert, mit linealen, oft 3spaltigen Blättchen. Hülle 0 oder 1blätterig. Hüllchen vielblättrig, Frucht kreiselförmig. Soll giftig sein. — B. *Nicht ausdauernd,* Wurzeln nicht verdickt. *O. aquática (O. Phellandrium),* Wasserfenchel, Pferde- oder Roſskümmel. St sparrig-ästig. B 2—3fach gefiedert. Blättchen der untergetauchten Blätter mit linealischen, die der übrigen mit lanzettlichen Zipfeln. Fr länglich, stielrund. ⊙ und ⊙.

Angélica silvestris (zuerst bei Matthaeus Silvaticus, von angelus Engel), Waldbrustwurz. 1—1,8 m hoch. B 2—3fach gefiedert, mit *seichtrinnigem* Blattstiel. Blättchen eiförmig, gesägt, *nicht* herablaufend. Bl weiſs, selten rosa. ⊙. Seitenrippen der Fr breithäutig-geflügelt. *Archangélica officinalis* (archángelus, Erzengel), Engelwurz. Voriger ähnlich, aber seltener, von durchdringendem Geruch, meist gröſser, 1,2—2,5 m. Blattstiele nicht rinnig, weitröhrig. B unterseits blaugrün, Endblättchen dreilappig. Bl grünlich-weiſs. Inneres Perikarp (Fruchtschale) *lose* in der äuſseren Fruchtschale.

Peucedanum palustre (*πευκεδανόν*, Pflanzenname bei Dioskorides), *(Thysselinum palustre).* B 3fach-fiederteilig, mit lanzettlichen, weiſsspitzigen Zipfeln. Hülle und Hüllchen zurückgeschlagen, ihre Blättchen häutig-berandet.

B. Zweite Reihengruppe: Metachlamydeae.

§ 24.

Sechszehnte Reihe: Ericales. Nach der 4- oder 5-Zahl.

Fam. 38. Ericaceae. Sträucher. Staubbeutel meist doppelt so viel als Blütenblätter, durch ein spitzes Anhängsel an jeder Hälfte 2hörnig.

Callúna (*καλλύνω* ausfegen, weil die Pflanze zuweilen zu Besen benutzt wird), Heidekraut. K 4, C (4), A 8, G (4). Kelch 4spaltig, blumenkronenartig. Blumenkrone glockenförmig, tief 4spaltig, kürzer als der Kelch, Scheidewände der Kapsel dem mittelständigen Samenträger an-

gewachsen. *C. vulgaris,* gemeines Heidekraut (Fig. 16). B lineal, dachziegelartig gedrängt, 4reihig. Traube einseitswendig. Kelch und Krone lilarosenrot. Auf Sand und Moor. Auf Heideboden die Hauptmasse des Bestandes bildend. Dient zur Schafweide, zur Bienennahrung und als Waldstreu. August — Herbst.

Erica (*ἐρείκη*, Pflanzenname bei Aischylos), Glocken-Heide. Blumenkrone länger als der Kelch, 4spaltig. *E. Tetrálix,* Sumpf-Heide. Blätter zu 3—4, steifhaarig gewimpert. Blüten kopfig-doldig, zu 5—12. Blumenkrone ei-krugförmig, *rosa.* ♃. *Feuchte* moorige Stellen der Heide etc. Fehlt in Ostpreufsen. Juni — Herbst.



Fig. 16. Calluna vulgaris.
a Zweigstück mit Seitensprossen; *b* Kelch; *c* Blüte; *d* Staubgefäfs; *e* Fruchtknoten.
(Nach Garcke.)



Fig. 17. Hottonia palustris.
a aufgeschlitzte Blumenkrone; *b* Kelch mit Fruchtknoten, der bei *c* querdurchschnitten ist und die zentrale Plazenta zeigt; *d* 5klappige, reife Kapsel.
(Nach Garcke.)

§ 25.

Siebzehnte Reihe: Primulales, meist K 5, C (5), A 5, G $\underline{1}$.

Fam. 39. Primulaceae, Primelgewächse. Kapsel ungefächert, mit Zentralplazenta (Fig. 17, *c*) wie bei den Centrospermae (s. S. 191).

Primula (Primula veris der älteren Schriftsteller, das erste Blümchen im Frühjahr), Himmelschlüssel. ♃. Kelch so lang oder länger als die Krone. Kapsel rundlich oder länglich. Laubblätter in grundständiger Rosette. Bei allen Arten kommen kurz- und langgriffelige Stöcke vor

(Dimorphismus, Heterostylie, vgl. Lythrum, S. 203). *P. farinósa,* mehliger H. Bl fleischrot. Moorwiesen, selten. *P. elátior.* Kelch zylindrisch. Krone hellgelb. Saum flach. Geruchlos. Schattige Laubwälder, feuchte Wiesen. März—Mai. Kultiviert in Gärten. *P. officinalis,* gebräuchlicher Himmelschlüssel. Kelch aufgeblasen. Krone dottergelb, wohlriechend, Saum vertieft. Trockene Wiesen. April—Juni.

Hottonia palustris (nach Professor Hotton in Leiden, † 1709, benannt), Sumpfprimel (Fig. 17). Wasserpflanze mit untergetauchten, kammförmig-fiederspaltigen Blättern und weifsen oder hellrosa Blüten in langgestielten Trauben. Gräben, Sümpfe. Heterostyl.

Lysimáchia (bei Dioskorides, nach dem Könige Lysimachos), Friedlos. ♃. Blumenkrone radförmig, mit kurzer Röhre, gelb. *L. thyrsiflóra,* straufsblütige Lysimachie. Grundachse kriechend, Ausläufer treibend. Blätter gegenständig, meist lanzettlich. Blüten klein, in achselständigen, langgestielten dichten Trauben. Tiefe Sümpfe. Mai—Juli. 30—60 cm. *L. vulgaris.* B meist länglich-eiförmig. Bl grofs, zu 1—4 in den Blattachseln. Ausläufer oft 1—2 m lang. Sümpfe, Gräben. Juni, Juli. 60 bis 120 cm. *L. Nummularia,* Pfennigkraut. ♃. Stengel kriechend. B rundlich (daher der Name). Bl einzeln, grofs. Grabenränder, feuchte Wiesen. Juni, Juli.

Glaux marítima (Pflanzenname bei Dioskorides), Seestrands-Milchkraut. Kelch hellrosa. Krone fehlt. St niedrig, Ausläufer treibend. Blätter hellgrün, länglich-lanzettlich, *sehr dicht* stehend. Am Meeresufer und auf salzigen Wiesen im Binnenland.

Fam. 40. Plumbaginaceae. Meist Stauden. Laubblätter meist in grundständiger Rosette. Frk mit nur 1 Samenanlage.

Arméria vulgaris (zuerst bei la Ruelle; soll keltisch sein), Grasnelke (hat aber mit Nelken gar keine Ähnlichkeit, höchstens die B). B linealisch. Schaft oben mit einer *unten* zerschlitzten Scheide. Bl in einem kopfartigen Blütenstande, dessen Hüllblätter nach unten verlängert die erwähnte Scheide bilden. Kelchsaum wie die Hüllblätter trockenhäutig. Blumenkrone rosa. Trockene sonnige Stellen, meist auf Sand, gemein.

§ 26.

Achtzehnte Reihe: Contortae. Blb in der Knospe meist gedreht.

Fam. 41. Gentianaceae, Enziangewächse. K 5, C (5), A 5, G $(\underline{2})$. Meist bitter schmeckend.

B spiralig: ***Menyánthes trifoliata*** (Name bei Theophrast, *μηνύω* offenbare, zeige an, *ἄνθος* Blüte — auffallende Blüten), Fieber- oder Bitterklee, Sumpf-Dreiblatt. Scheinachse weit kriechend. B grundständig,

3zählig, mit langem Stiel. Bl in Trauben, rötlich-weifs. Zipfel der Blumenkrone am Rande innen bärtig-gefranst. ♃. Sümpfe, Seeen. Mai, Juni.

Blätter gegenständig, gerippt: *Gentiána* (Pflanzenname bei Plinius, genannt nach dem König Gentius), Enzian. Bl grofs. *G. Pneumonanthe* (zuerst bei Cordus, πνεύμων Lunge und ἄνθη Blume), gemeiner Enzian. St einfach, bis 0,5 m hoch. B lanzettlich-linealisch. Bl keulenglockenförmig, himmelblau, aufsen mit 5 grünen Streifen. ♃. Moorige Wiesen, zerstreut. Juli — Sept. *G. Amarella,* schwachbitterer E. Sehr veränderlich. B eiförmig bis lanzettlich. Blumenkrone walzig, meist klein. Kronenschlund bärtig, rötlich-lila. ⊙. Trockene Wiesen, gern auf Maulwurfshaufen. August — Oktober. 5—30 cm. *G. germanica.* St rispig-ästig oder pyramidenförmig, vielblumig. B aus breitem, halb-stengelumfassendem Grunde länglich oder lanzettlich. Blumen gröfser, zylindrisch-glockig, lilablau. Sonst wie vorige. Hügel, Triften, gern auf Kalk.

Erythraea (zuerst bei Renealmus, ἐρυθραῖος rötlich), Tausendgüldenkraut. St kantig, gabelästig. Bl rot, trichterförmig, *bleibend. E. Centaurium* (κενταύριον, Pflanzenname bei Hippokrates), gemeines Tausendgüldenkraut. St meist einfach, nur oberwärts ästig. Untere Blätter rosettig, Stengel-B länglich-eiförmig. Bl in *ebener* Trugdolde, fleischfarben. Kronensaum *flach,* Zipfel länglich-eiförmig. Kelch beim Aufblühen halb so lang als die Kronenröhre. ⊙ und ⊙. Trockene Wiesen. Juli bis September. Zerstreut; bis 30 cm. *E. linariifolia (E. litoralis),* schmalblättriges T. Trugdolde zuletzt verlängert, rispig. Bl rosa, Zipfel oval. Strandwiesen, im Binnenlande oft auf Salzboden. Kelch beim Aufblühen fast so lang als die Kronenröhre. *E. pulchella,* niedliches T. St vom Grunde an gabelästig. Untere Blätter nicht rosettig. Bl mit vertieftem Saum, Zipfel *lanzettlich.* Feuchte Wiesen, auch gern auf Salzboden.

Fam. 42. Asclepiadaceae, Seidenpflanzengewächse, wegen der lang-seidenhaarigen Samen. *Vincetóxicum officinale* (bei Dodoens, von vincere siegen, toxicum Gift, also Gegengift, weil Brechen erregend), Schwalbenwurz. Unterirdische Scheinachse kriechend. B meist gegenständig, untere und mittlere Blätter herzförmig, obere lanzettlich. Bl klein, radförmig, in Trugdolden, weifs. Sonnige Hügel, auf Sand, Lehm und Kalk. Giftig. Die 2 Frb bilden 2 Balgkapseln, welche zuletzt auseinanderspreizen (nach Fuchs einer Schwalbe ähnlich).

§ 27.

Neunzehnte Reihe: Tubiflorae, Röhrenblütige. K 5, C (5), A 5, G nur (2). Kelch meist bleibend.

Fam 43. Convolvulaceae, Windengewächse. Die 2 Frb bilden eine meist 2fächerige Kapsel. *Convolvulus* (Pflanzenname bei Plinius,

convolvere zusammenwickeln). *C. arvensis,* Ackerwinde. Wurzel Adventivknospen bildend. St windend. Blüten zu 1—3. Die 2 Vorblätter am Blütenstiel weit vom Kelch entfernt. Bl weifs oder hellrosa, aufsen mit 5 roten Streifen. Gern auf Lehm. Oft lästiges Unkraut. Hierher auch *C. sepium,* Zaunwinde, an Hecken, und *Cuscúta Trifolii,* Kleeseide.

Fam. 44. Bor(r)aginaceae oder *Asperifoliaceae*, Boretschgewächse oder rauhblätterige Pflanzen. Abschnitte der Blumenkrone oft mit hohlen Ausstülpungen (Schlundschuppen). Die 2 Frb sind vom Rücken her eingeschnürt und bilden 4 Nüfschen. Blüten in „Wickeln", d. h. ein Stiel aus dem andern hervorgesprofst, abwechselnd rechts, links, rechts, links u. s. f. oder umgekehrt. Die ganze Verzweigung bildet eine Scheinachse.

Sýmphytum officinale (*σύμφυτον*, Name einer Pflanze bei Dioskorides), Schwarzwurz, Beinwell. Grundachse (sogenannte Wurzel) spindelförmig, fleischig, verzweigt. St bis 90 cm hoch, dick, mit geraden und hakenförmigen Haaren. Blätter lang herablaufend, obere lanzettlich. Bl schmutzigpurpurn oder seltener gelblich-weifs. Die hohen Schlundschuppen bilden ein Zelt über den Staubbeuteln. ♃. Feuchte Wiesen.

Lithospermum officinale (Pflanzenname bei Dioskorides, *λίθος* Stein, *σπέρμα* Same), gebräuchlicher Steinsame (wegen der harten Nüfschen). St oberwärts sehr ästig. B lanzettlich. Krone hellgelb. Gern auf *Lehm* oder *Kalk.* ♃. 30—120 cm. Nüfschen grofs, eiförmig, *weifs,* glatt.

Myosótis palustris (*μῦς* Maus, *οὖς*, *ὠτός* Ohr, Pflanzenname bei Dioskorides), Sumpf-Vergifsmeinnicht. St *kantig.* Griffel so lang als der Kelch. Blüten hellblau. Schlund- oder Hohlschuppen dottergelb. ♃. Sumpfige Wiesen. *M. caespitosa,* rasiges V. ⊙. St rund. Griffel halb so lang als der Kelch. Bl himmelblau. Feuchte Wiesen, zerstreut.

Fam. 45. Labiatae, Lippenblütler. K 5, C (5), A 2 lange + 2 kurze, G 2, gespalten in 4 Nüfschen. Blumen unregelmäfsig, d. h. zygomorph, nur durch *eine* Ebene symmetrisch teilbar. St 4kantig. B gegenständig. Bl in achselständigen Halbquirlen (Doppelwickeln), Blumenkrone 2lippig. Oberlippe oft helmförmig, zuweilen den 3 Abschnitten der Unterlippe fast gleich und dann die Blume scheinbar regelmäfsig *(Mentha, Lýcopus)* oder gespalten und auf die Unterlippe herabgerückt (*Ájuga* etc.). Stbb 4, didynamisch, meist die hinteren kürzer, diese mitunter (z. B. bei *Sálvia*) fehlend. Frk wie bei den Boraginaceen in 4 einsamige Nüfschen (Klausen) zerfallend.

Mentha (Pflanzenname bei Ovidius und Plinius), Minze. In vielen Arten an Gräben und auf feuchten Wiesen etc. Alle ausläufertreibend und sehr veränderlich, je nach dem nasseren oder trockneren Standorte. (Ascherson und Graebner „Flora des nordostdeutschen Flach-

landes" S. 586.) Am gemeinsten sind: *M. aquatica,* Wasserminze, bis 90 cm hoch. Halbquirle nur in den obersten Blattachseln, einen endständigen Kopf bildend (darunter noch 1—2 Köpfe). Kelchröhre trichterförmig, gefurcht, Kelchzähne länger als breit. Blätter eiförmig, gesägt. *M. arvensis,* Feldminze; weil an trockenen Stellen wachsend, meist kleiner, 15—45 cm. St oft liegend. B eiförmig gesägt oder fast ganzrandig. Halbquirle sämtlich in den Achseln von Laubblättern. Kelchröhre glockenförmig, nicht gefurcht, Kelchzähne so lang wie breit. Die oft 1 m langen Ausläufer von *M. aquatica* wachsen an Ufern zuweilen ins Wasser hinein.

Lycopus (λύκος Wolf, πούς Fufs), Wolfsfufs, Wolfstrapp. Ausläufer treibend. Stauden. Hintere Staubfäden ohne Stbb, nur mit 1 Knöpfchen. *L. europaeus.* ♃. St hoch, bis 90 cm. B länglich-lanzettlich, *eingeschnitten gesägt.* Bl klein, weifs mit purpurnen Flecken. Am Wasser.

Thymus (Name einer beim Opfern [θύω] gebräuchlichen Pflanze), Thymian. Kelch nach der Blüte durch einen Haarkranz geschlossen. Oberlippe zurückgebogen. *T. Serpyllum,* Feld-Quendel. Halbstrauchig. St niederliegend, wurzelnd. B linealisch. Bl hellpurpurn. ♃. Trockene Wiesen etc. Angenehm, fast wie echter Thymian, *Th. vulgaris,* aus Südeuropa, riechend. Juni—September. 2—30 cm.

Calamintha (καλαμίνθη, Name einer arom. Pflanze bei Aristophanes), Kelch 2lippig, zylindrisch. *C. Acinos* (ἄκινος, Name bei Dioskorides), Stein-Thymian. B klein, oval, gezähnelt. Fruchtkelch geschlossen. Blumenkrone klein, lila. Trockene Hügel etc. Geruch streng aromatisch.

Salvia, Salbei. Nur 2 Stbb, deren Mittelband sehr lang, staubfadenähnlich ist und eine Wippe bildet. Oberlippe meist grofs, helmförmig. *S. pratensis.* Grundblätter rosettig, grofs, langgestielt, länglich oder herzförmig, runzelig. Bl grofs, dunkelblau. ♃. Trockene Wiesen. Mai—Juli. 30—60 cm. Gynodiöcisch, d. h. es kommen Stöcke mit nur weiblichen, viel kleineren Blüten vor.

Glechóma (γλήχον, bei Aristophanes eine aromatische Pflanze). Unterlippe flach, Mittellappen am gröfsten. *G. hederácea,* efeublätterige Gundelrebe, Gundermann. St kriechend. B nierenförmig, gekerbt. Bl blau. Oberlippe flach. ♃. Feuchte Wiesen, Gebüsche. Streng aromatisch.

Lamium (Pflanzenname bei Plinius), Taubnessel, Bienensaug. Kelch glockenförmig, mit 5 spitzen Zähnen. *L. purpúreum.* ☉. Äcker. Übelriechend. März—Herbst. *L. album,* weifse Taubnessel. ♃. Hecken, nicht zu trockene Grasplätze. April—Oktbr.

Galeópsis (bei Dioskorides γαλίοψις, eine nesselähnliche Pflanze), Hanfnessel, Daun. Kelch mit 5 stechenden Zähnen. ☉. *G. Ládanum,* Acker-Hanfnessel. St unter den Knoten nicht verdickt, rückwärts weichhaarig. Bl purpurn. Trockene, sandig-lehmige und kalkige Äcker. Juli bis Herbst. *G. Tétrahit,* gemeine Hanfnessel. St steifhaarig, unter den

Gelenken verdickt. Mittelzipfel der Unterlippe fast 4eckig (oder schmäler, ausgerandet, *G. bifida*). Äcker, Gärten. *G. bifida* an feuchteren Stellen.

Stachys (στάχυς Ähre, Pflanzenname bei Dioskorides). Kelch glockig. Oberlippe der Krone meist helmförmig. *S. palustris,* Sumpfziest. Unterirdische Ausläufer an der Spitze knollig verdickt. B länglich-lanzettlich. Blütenquirle reichblütig, schmutzig-rosa. ♃. Ufer, Gräben, feuchte Äcker. Juli, August.

Betónica (Vettonica, eine Heilpflanze der Vettones in Spanien, bei Plinius) (oft zu Stachys gerechnet). *B. officinalis,* gebräuchl. Betonie. Blattpaare am St sehr entfernt. B länglich-eiförmig. Bl purpurn. ♃. Lichte Waldstellen, trockene Wiesen; fehlt im nordwestlichen Deutschland. 60 cm. Juni—August.

Scutellária (zuerst bei Cortusi, von scutella Schälchen, wegen der Schuppe auf der K-Oberlippe), Helmkraut. Kelch 2lippig, Lippen ungeteilt, zur Fruchtzeit geschlossen, Oberlippe dann abspringend. Bl in den Blattachseln einzeln, einseitswendig. *S. galericuláta,* gemeines Helmkraut. B länglich-lanzettlich, gestutzt herzförmig, entfernt kerbig gesägt. Bl blauviolett. ♃. Feuchte Wiesen.

Brunella (zuerst bei Brunfels, wegen ihrer Anwendung gegen Bräune), Braunelle. ♃. Kelch 2lippig, seine Oberlippe kurz 3zähnig, zur Fruchtzeit geschlossen. *B. vulgaris,* gemeine Braunelle. B gestielt, länglich-eiförmig. Bl lila. Wiesen. Mai—Herbst. *B. grandiflora.* Bl viel gröfser, blau-violett. Trockene Hügel, Wiesen, auf Kalk (und Lehm); zerstreut. Juli, August.

Ájuga (bei Scribonius Laryus als Synonym von ábiga angeführt, abigere vertreiben), Günsel. ♃. Oberlippe der Bl sehr kurz oder gespalten und ihre Zipfel auf die Unterlippe gerückt. *A. reptans,* kriechender Günsel. Kahl, nur der St zweizeilig zottig, mit beblätterten Ausläufern, unterste Blätter grofs, bleibend, langgestielt, spatelförmig. Bl in Scheinähren, blau. Hochblätter ganzrandig. Wiesen, Laubwälder. April—Juni. *A. genevensis,* Genfer Günsel. Dichtzottig. Wurzeln Adventivknospen treibend. Grundblätter zur Blütezeit meist nicht mehr vorhanden, mittlere Hochblätter 3lappig, oberste kürzer als die Bl. Trockene Wälder, Triften, aber (in Zehdenick) auch auf Moorwiesen. Bl blau.

Teúcrium (Pflanzenname bei Dioskorides; nach dem Heros Teucros benannt), Gamander. Oberlippe der Bl fehlend, die Zipfel auf die Unterlippe gerückt, deren Mittelzipfel sehr grofs ist. *T. Botrys,* Trauben-Gamander. Hellgrün, stark aromatisch. B gestielt, doppelt fiederspaltig. Bl schmutzig rosa. ⊙. Auf *Kalkbergen* und *Kalkäckern* in Mittel- und Süddeutschland. *T. Scordium,* knoblauchduftender Gamander, Lachenknoblauch. Ausläufer treibend. B sitzend, länglich-lanzettlich, grob gesägt. Bl meist zu 2, einseitswendig, hellpurpurn. ♃. Wiesen, Gräben, oft rötlich überlaufen. *T. Chamaédrys,* gemeiner Gamander. Halbstrauchig.

B oval bis länglich, keilförmig in den kurzen Blattstiel verschmälert. Blüten zu 3, purpurn, einseitswendig. Hochblätter und Kelche meist braunrot. Steinige Abhänge, gern auf *Kalk,* zerstreut in Mittel- und Süddeutschland. 15—30 cm. *T.* ***montanum,*** Berg-G. Bl zu endständigen Köpfchen zusammengedrängt. B lineal-lanzettlich. Bl ziemlich klein, ***hellgelb.*** Sonnige *Kalkberge,* sehr zerstreut in Mittel- und Süddeutschland. Juni—August. St aufsteigend, bis 25 cm lang.

Fam. 46. Solanaceae. Fr eine 2fächerige Beere oder Kapsel. *Solánum* ***tuberosum*** (Pflanzenname bei Celsus), Kartoffel, von den Kordilleren Chiles und Boliviens durch die englischen Seefahrer Walter Raleigh 1584 und Francis Drake 1586 zuerst eingeführt. *S.* ***nigrum,*** schwarzer Nachtschatten; gemeines Unkraut.

Fam. 47. Scrophulariaceae. Wie die Labiatae, aber Fr eine 2fächerige Kapsel. Mitunter noch das 5. Staubgefäfs ganz oder als Staminodium entwickelt, oder nur 2 Stbb.

Scrophularia aquatica (S. aláta), Wasser-Braunwurz. St geflügelt, 4kantig. B länglich-eiförmig, scharf gesägt. Bl grünlich-rotbraun. ♃. An Gräben. Juli—Septbr. 0,6—1,2 m hoch. *S.* galt früher als Mittel gegen Skropheln.

Antirrhinum (Name bei Galenos, *ἀντί* gleich, *ῥίς* Nase) Löwenmaul. Blume ohne Sporn. Kapsel an der Spitze mit Löchern aufspringend. *A. Oróntiùm.* ⨀. Lehmäcker. Bl blafsrot. Juli—Oktober. 15—30 cm.

Linaria (zuerst bei Matthaeus Silvaticus, wegen der Ähnlichkeit der B mit denen des Flachses), Leinkraut. Bl mit Sporn, Kapsel meist mit Klappen aufspringend. *L.* ***vulgaris,*** gem. Leinkraut (auch Löwenmaul genannt). B lanzettlich-linealisch, gedrängt stehend, Bl gelb. ♃. Auf Sand, gemein. Juni—Herbst. 30—60 cm. *L.* ***minor,*** kleines Leinkraut. Drüsig behaart. Bl klein, hellviolett, mit blafsgelbem Gaumen.

Gratiola (zuerst bei Dodoens, von gratia Gnade), Gnadenkraut. Die 2 unteren Stbb auf 2 Staminodien reduziert oder fehlend. B lanzettlich, meist 3nervig, entfernt gesägt. Bl einzeln, langgestielt, weifs oder rötlich. Kapsel eiförmig, zugespitzt. Feuchte Wiesen, Ufer. *Giftig.*

Veronica (zuerst bei Fuchs, nach der heiligen Veronica), Ehrenpreis. Bl radförmig, nur 4lappig, weil der obere Zipfel geschwunden ist, meist blau. Stbb nur 2.

A. Tragblätter der Bl hochblattartig, die Blütenstände scharf von der beblätterten Pflanze sich abhebend, meist gestielte Trauben darstellend.

I. Trauben sämtlich achselständig. a) Kelch 4teilig:

V. scutelláta, schildfrüchtiger Ehrenpreis. Trauben sehr locker, in der Achsel nur *eines* der beiden gegenständigen Blätter. B lineal-lanzettlich,

spitz. Kapsel quer breiter. Bl weifslich mit rötlichen oder blauen Adern. ♃. Gräben, Ufer, Sumpfränder. Juni — September. 5—30 cm. *V. Anagállis,* Wasser-Ehrenpreis. St fast 4kantig. Trauben gegenständig. B sitzend, halb umfassend, länglich oder eiförmig, spitz. Bl bläulich-weifs mit dunkleren Adern. Kapsel rundlich. Gräben, gern an Quellen und Bächen, häufig, selbst auf Flofsholz. *V. Beccabúnga,* Bachbunge. St fast rund. Trauben gegenständig. B kurzgestielt, rundlich oder länglich-eiförmig, stumpf, gekerbt gesägt. Bl himmelblau, selten weifs. Besonders an Quellen und Bächen. Zeigt wie vorige *gutes* Rieselwasser an. *V. Chamaédrys* (*χαμαί* am Boden und *δρῦς* Eiche = niedriges, eichenähnliches Gewächs), Männertreue (weil die schönen himmelblauen Blumen so leicht abfallen!). St 2zeilig behaart. Trauben gegenständig. B eiförmig, sitzend. Kapsel 3eckig-verkehrt herzförmig. ♃. Trockene Wiesen, gemein. *V. officinalis.* St kriechend, rauhhaarig. B verkehrt eiförmig, kurz gestielt. Kapsel drüsig. Bl hellblau mit dunkleren Adern. Trockene Wiesen.

b) Kelch 5teilig: *V. prostráta,* niederliegender Ehrenpreis. St zahlreich, im Kreise niederliegend, nur oberwärts aufsteigend. B lineal-lanzettlich, kurz gestielt. Kapsel kahl. Bl hellblau. ♃. Trockene Wiesen. *V. Teucrium,* breitblätteriger Ehrenpreis. St wenige, aufrecht. B eiförmig, sitzend. Bl himmelblau. Trauben dichter als bei V. Chamaedrys. ♃. Trockene Wiesen.

II. Trauben endständig, lang, himmelblau. Kelch 4teilig. ♃: *V. longifolia.* B länglich-lanzettlich, bis zur Spitze scharf doppelt-gesägt. Feuchte Wiesen und Gebüsche. Juli, August. Bis 1,25 m. *V. spicáta,* ähriger E. B länglich-oval, an der Spitze ganzrandig. Trockene Wiesen. Niedriger als voriger, bis 30 cm.

B. Tragblätter der Bl meist laubartig, die Blütenstände nicht scharf abgesetzt. Kleine einjährige Pflanzen:

V. Tournefortii. B rundlich-eiförmig. Bl einzeln, langgestielt, himmelblau, grofs. *V. opáca.* B dunkelgrün. Bl dunkelblau. Beide, wie auch V. praécox und V. políta auf Lehm, zerstreut. *V. hederifolia,* efeublätteriger Ehrenpreis. B 3—7lappig. Bl klein, hellblau. Gemein.

Euphrásia (*εὐφράσια* Freude, Frohsinn, zuerst bei Matthaeus Silvaticus), Augentrost. Kelch 4zähnig. Bl mit deutlicher Röhre, rachenförmig. B gezähnt. *E. officinalis (E. stricta).* B eiförmig. Krone weifs oder bläulich, mit violetten Streifen, Unterlippe mit zitronengelbem Fleck. ⊙. Wiesen, gemein. Juli — Oktober. 10—30 cm. *E. Odontites* (*ὀδούς* Zahn; früher gegen Zahnschmerzen angewandt) *(E verna).* B lanzettlich. Krone schmutzig rosa. Tragblätter länger als die Blüten. Feuchte Wiesen und Äcker, auch auf Salzboden. Juni — Oktober.

Alectorólophus (*ἀλέκτωρ* Hahn, *λόφος* Schopf, Pflanzenname bei Plinius), Hahnenkamm, Klappertopf. Kelch *bauchig aufgeblasen,* 4zähnig.

Oberlippe der Krone zusammengedrückt. *A. major.* St schwarzbraun gestrichelt. Deckblätter bleich, lang zugespitzt. Krone hellgelb, ihre Röhre gekrümmt, meist so lang als der Kelch. Oberlippe mit 2 längeren eiförmigen Zähnen. ⊙. Fruchtbare, mäfsig feuchte Wiesen, gemein. Mai bis Juli. 30—60 cm. Hiervon die *var. hirsútus.* Kelch- und Deckblätter zottig, auf Äckern. *A. minor,* kleiner Klappertopf. St meist grün. Deckblätter grün oder braun, kurz zugespitzt. Krone *dunkler* gelb, nur halb so grofs wie bei der vorigen. Röhre der Krone gerade, kürzer als der Kelch. Zähne der Oberlippe kurz eiförmig; sonst wie voriger, doch nur bis 30 cm hoch. Etwas feuchte Wiesen, weniger häufig. Beide gesellige, lästige Unkräuter.

Pediculáris (bei Columella Name einer Pflanze, die wahrscheinlich gegen Läuse, pediculus, angewandt wurde), Läusekraut. Kelch bauchig, gespalten. B fiederspaltig. *P. silvatica,* Waldläusekraut. St mehrere, einfach, der mittlere aufrecht, fast vom Grunde an in lockerer Traube Blüten tragend, die seitlichen niederliegend. Kelch 5zähnig, die Zähne blattartig gezähnt. ⊙ bis ♃. Moorige Wiesen. Mai—Juli. Hellrosenrot. Hauptstengel nur 15 cm. — *P. palustris,* Sumpf-L. St einzeln, steif aufrecht, bis zur Mitte ästig, Kelch 2spaltig, die Lappen blattartig geschnitten, gezähnt, kraus. ⊙. Nasse Wiesen. Bl rosenrot. Höher als vor., bis 40 cm.

Melampýrum pratense (*μέλας* schwarz, *πυρός* Weizen, Pflanzenname bei Theophrastos), Wiesen-Wachtelweizen. Laubblätter lanzettlich, ganzrandig. Deckblätter grün. Kommt mehr im Wald als auf Wiesen, höchstens auf Waldwiesen vor. Bl blafsgelb, Oberlippe helmförmig. *M. arvense,* Acker-W. Deckblätter fiederspaltig, obere wie die Bl purpurn. *Lehm*äcker. *M. nemorosum,* Hain-W. Deckblätter schön blauviolett, Bl goldgelb. Laubwälder. Sehr schön.

Fam. 48. *Lentibulariaceae* oder ***Utriculariaceae,*** Wasserhelme, Wasserschlauch-Gewächse.

Pinguícula, Fettkraut. Blätter in grundständiger Rosette, fleischig, hellgrün, fangen mit den eingerollten Rändern Insekten, die sie aussaugen. *P. vulgaris.* Bl auf einem Schaft, gespornt, blau. ♃. Moorige kurzgrasige Wiesen, sehr zerstreut. Mai, Juni. 15 cm.

Utriculária. Wasserpflanzen mit 2zeiligen, untergetauchten, vielzipfeligen Blättern. Zipfel sehr schmal, einzelne zu rundlichen, blasenförmigen Schläuchen umgewandelt, die ein sich nach innen öffnendes Ventil an ihrer Mündung haben und so kleine Wassertierchen fangen und verdauen. Bl in langgestielten, bei uns goldgelben Trauben über dem Wasser. *U. vulgaris,* gem. Wasserschlauch. Blattzipfel allseitig abstehend. Schläuche bis 2 mm Durchmesser. Gräben, Sümpfe, meist in Wiesentorfmooren (Grünlandsmooren). Verunkrautet die Gräben.

§ 28.

Zwanzigste Reihe: Plantaginales.

Fam. 49. Plantaginaceae. K 4, C (4), A 4, G (2). Blumenblätter unscheinbar, trockenhäutig.

Plantágo (Pflanzenname bei Plinius), Wegebreit, Wegerich. Bl in Ähren. Kapsel quer aufspringend, mit 2 ein- oder mehrsamigen Fächern.

P. major, grofser Wegebreit (Fig. 18). Laubblätter in grundständiger Rosette, eiförmig, 3—5nervig, gestielt. Ähren zylindrisch, Staubfäden weifs. ♃. Triften etc., gemein. *P. media.* B elliptisch, 3—9nervig. Ähre länglich-zylindrisch. Staubfäden rötlich-lila. Blüten wohlriechend.



Fig. 18. Plantago major.
a Kelch; *b* Blüte; *c* unreife, *d* reife Kapsel, bei *e* geöffnet und mit Samen. (Nach Garcke.)



Fig. 19. Sherardia arvensis.
a Kelch; *b* Griffel und Hüllkelch; *c* ganze Blüte.
(Nach Garcke.)

Wiesen, zerstreut. *P. lanceoláta,* lanzettlicher W. (Spitzwegerich, Hundsrippe). B lanzettlich, 3—5nervig, kahl. Schaft 5furchig. Ähren eiförmig-länglich. Staubfäden gelblich-weifs. Gemein. *P. maritima,* Strand-W. B graugrün, fleischig, linealisch. Blumenkronen-Röhre behaart. Salzhaltige Triften, Strandwiesen; fehlt im westl. und südwestl. Deutschland. *P. Corónopus,* krähenfufsartige W. B fiederspaltig. Salzhaltige Triften, Meeresufer. *P. ramosa (P. arenaria).* St ästig, beblättert. Ähren kugelig. Sandfelder.

§ 29.

Einundzwanzigste Reihe: Rubiales. K 5 (oder 4), C (5) (oder 4), A 5 (oder 4) G meist (2). B gegenständig.

Fam. 50. Rubiaceae, Krappgewächse. K meist 5 (oder 0), C 5 (oder 4), A 5 (oder 4), G $\overline{2}$. Holzgewächse oder (bei uns) Kräuter. St (bei uns) 4kantig. B gegenständig mit Nebenblättern, die bei uns ebenso grofs wie die Laubblätter sind, daher die Blätter in 4—6 oder mehrzähligen Scheinquirlen.

A. Kelch 6zähnig, Blumenkrone trichterförmig . . . . . *Sherárdia.*
B. Kelch undeutlich, Früchtchen halbkugelig:
 1. Blumenkrone trichterförmig, 4spaltig . . . . . *Aspérula.*
 2. Blumenkrone radförmig, flach, meist 4spaltig . . . *Gálium.*

Sherardia arvensis (nach William Sherard, engl. Konsul in Smyrna, † 1728), Acker-Sherardie (Fig. 19). St niederliegend, rauh, untere Blätter zu 4, obere zu 6, lanzettlich. Bl kopfig, lila. ⊙ und ⊙. Äcker, auf *Lehm-* und besonders *Kalkboden,* zerstreut. 15—30 cm.

Asperula arvensis (zuerst bei Brunfels; asper rauh, wegen des rauhen Blattrandes). Bl kopfig. Deckblätter weifsborstig. Bl blau. ⊙. Lehmige, besonders kalkhaltige Äcker. Sehr zerstreut in Mittel- und Süddeutschland. Mai, Juni. Bis 30 cm. *A. odorata,* Waldmeister. In Laubwäldern. ♃. Frucht mit hakigen Borsten.

Galium (*γάλα* Milch, Name bei Dioskorides; die Pflanze soll die Milch gerinnen machen), Labkraut.

a) Blütenstand blattwinkelständig:

G. Aparine (*ἀπαρίνη*, Name bei Theophrastos), Klebkraut. B zu 6 bis 8, linealisch-lanzettlich, am Nerven unterseits rückwärts stachelig rauh. Bis 1,25 m lang, oft lianenartig kletternd. Sich leicht an die Kleider heftend. Äcker etc., gemein. ⊙. *G. uliginosum,* Moor-Labkraut. B zu 6—8, lineal-lanzettlich, spitz. Bleibt beim Trocknen grün. Juni — Sept. 15—30 cm. *G. palustre,* Sumpf-L. B meist zu 4, lineal-länglich, vorn breiter, ohne Stachelspitze. Wird beim Trocknen leicht schwarz. Mai bis September. 15—60 cm. Beide letzteren ♃. Auf feuchten Wiesen.

b) Blütenstand in endständigen Rispen:

G. boreale, nordisches L. St aufrecht, steif. B zu 4, lanzettlich, derb. Bl weifs, wohlriechend. ♃. Trockene Wiesen. Juli, August. *G. verum,* echtes L. St rundlich. B zu 8—12, linealisch. Bl *zitronengelb.* Wiesen, Triften, dürre Hügel. Wird beim Trocknen leicht schwarz. *G. Mollúgo* (Mollugo, Pflanzenname bei Plinius), gem. Labkraut. St 4kantig. B zu 8, vorn breiter. ♃. Wiesen, Gebüsche, gemein. Bleibt beim Trocknen meist grün. Bl weifs, wohlriechend.

Fam 51. Valerianaceae. B ohne Nebenblätter. Bl in Trugdolden, klein. Kelch zur Blütezeit oft undeutlich oder gezähnt, später oft eine gefiederte Haarkrone bildend. Blumenkrone oft mit Höcker (Andeutung eines Sporns), K 5, C 5, A 3, G (3). Fruchtknoten 1fächerig, 1samig oder aufser dem fruchtbaren Fach noch mit zwei leeren.

Valeriána (zuerst bei Matthaeus Silvaticus), Baldrian. Kelchsaum zur Blütezeit eingerollt, zur Fruchtzeit als federige Haarkrone ausgebildet. Blumenkrone am Grunde mit Höcker. Frucht 1fächerig. *V. officinalis.* 6 bis 9 dm hoch. Grundachse nach Baldriansäure (fufsschweifsähnlich) riechend. B unpaarig gefiedert. Bl ☿. ♃. Feuchte Wiesen, Gebüsche, gern auf Kalk und Lehm. Juni — September. *V. dióica.* Niedrig, 1,5 bis 3 dm. Bl vielehig, dreierlei Art: 1. Blumenkrone grofs, meist weifs, ♂. 2. Blumenkrone halb so grofs, meist rosa, Griffel kürzer als die Blumenkrone. 3. Blumenkrone noch kleiner, rosa, Griffel so lang oder länger als die Blumenkrone. No. 2 und 3 tragen Früchte, bei 1 ist die Trugdolde lockerer. — Grundachse kriechend, Ausläufer treibend. ♃. Feuchte, selbst saure Wiesen. April, Mai.

Valerianella. Kelch undeutlich 3zähnig. *V. olitória,* gemeines Rapünzchen. St gabelästig. B länglich-spatelförmig, obere lanzettlich, gelbgrün. Blumenkrone klein, bläulich-weifs. Frucht rundlich-eiförmig. Äcker, Gärten, gern auf feuchterem Lehmboden.

Fam. 52. Dipsaceae. Bl klein, in Ähren oder Köpfen, die von Hüllblättern umgeben. Stbb 4 oder weniger. G $\overline{(2)}$, aber Fr 1fächerig mit 1 Samen. B gegenständig. Jede einzelne Bl mit doppeltem Kelch, der äufsere röhrig, krautartig, der eigentliche, innere, oft borstenförmig.

A. Eigentlicher innerer Kelch beckenförmig, ohne Borsten. Bl in grofsen Ähren (Köpfen), mit stechenden grofsen Deckblättern. *Dipsacus silvester* (*διψακός*, Name dieser Pflanze bei Dioskorides), wilde Karde. 1—2 m hoch. Deckblätter biegsam mit gerader Spitze (bei der Weberkarde *D. Fullonum* steif mit umgebogener Spitze). Meist auf *Lehm;* Wiesenränder, zerstreut.

B. Eigentlicher Kelch in Borsten geteilt:
   I. Aufsenkelch ungefurcht, keine Spreublättchen (Deckblättchen) auf dem Blütenboden. Kelchsaum mit 8—16 Borsten. Blumenkrone lila . . . . *Knaútia.*
   II. Aufsenkelch gefurcht. Spreublättchen vorhanden:
      a) Aufsenkelch mit krautartigem, d. h. grünem Saum. Kelchsaum mit 5 Borsten. Blumenkrone blau . . . *Succísa.*
      b) Aufsenkelch mit trockenhäutigem Saum. Kelchsaum bei uns mit 5 (sonst auch 10) Borsten. Blumenkrone blau, rötlich oder gelblich-weifs . . . . *Scabiósa.*

Knautia arvensis (nach Christian Knaut, Arzt in Halle, † 1716, benannt, Verfasser der Methodus plantarum genuina), Acker-Knautie. Untere Blätter oft ungeteilt, mittlere fiederspaltig. Aufsenkelch zusammengedrückt-4kantig. Köpfe halbkugelig. Randblumen strahlend. Pfirsichblütig, fleischrot. ♃. *Trockene* Wiesen, häufig. Juni—August. 2—6 dm.

Succisa pratensis (zuerst bei Fuchs, wegen der unten wie abgeschnitten erscheinenden Grundachse [Wurzelstock], von succidere, unten abschneiden), Teufelsabbifs. St mit 2—3 entfernten Blattpaaren. B ungeteilt, untere länglich, obere lanzettlich. Köpfe halb-, später ganzkugelig. Bl blau. Randblüten nicht strahlend. ♃. *Feuchte* Wiesen. Juli—September.

Scabiosa Columbaria, Tauben-Skabiose (scabiosus räudig, rauh). B der nicht blühenden Triebe eingeschnitten oder leierförmig, die oberen der blühenden St fiederteilig. Bl rötlich-lila. ♃. Trockene Wiesen.

§ 30.

Zweiundzwanzigste Reihe: Campanulatae, Glockenblumengewächse im weiteren Sinne. Typus: K 5 (oder 0), C (5), A (5), G $(\overline{2})$—$(\overline{5})$. Hauptcharakter: *Staubbeutel zusammenneigend* oder verwachsen. Fruchtknoten unterständig, seine Blätter meist minderzählig.

Fam. 53. Campanulaceae, Glockenblumengewächse im engeren Sinne. Oft mit Milchsaft. B spiralig. Griffel 2—5 teilig, mit Sammelhaaren für den Pollen. Fruchtknoten 2—5 fächerig.

Jasióne (Pflanzenname bei Theophrastos, ἴασις Heilung). *J. montana*, Bergjasione. Bl klein, blau, in Köpfen. Zipfel der Krone linealisch, zu einer Röhre zusammenklebend, sich später von unten nach oben trennend. B verkehrt-eiförmig, obere lanzettlich. ⊙. Trockene Wälder, Sandfelder. Wird leicht für eine Komposite gehalten.

Phyteúma (Pflanzenname bei Dioskorides), Teufelskralle. Kronenzipfel wie bei Jasione, Staubfäden am Grunde verbreitert. *P. orbiculare,* rundköpfige T. Untere Blätter gestielt, ei-länglich, obere sitzend, lanzettlich, alle gekerbt. Äufsere Hüllblätter lanzettlich, etwas gesägt. Bl himmelblau. Trockene, fruchtbare Wiesen, gern auf *Kalk-* und *Mergelgrund,* zerstreut in Mittel- und Süddeutschland.

Campánula (zuerst bei Fuchs, campanula Glöckchen; die Kirchenglocken sollen bekanntlich zu Nola in Campanien erfunden sein), Glockenblume. Blumenkrone meist glockenförmig, Kapsel kreiselförmig.

a) Blüten in Trauben: *C. rapunculoídes.* Grundachse kriechend. Ausläufertreibend. St und B rauhhaarig. Traube einseitswendig, Bl hellviolett. ♃. Sonnige Hügel. 3—12 dm. *C. persicifolia*, pfirsichblätterige Glockenblume. Traube wenigblütig. B kahl. Bl grofs, weitglockig, himmelblau. 30—100 cm. Trockene grasige Hügel, Wälder.

b) Bl in Rispen: *C. rotundifolia.* Nur die Grundblätter, besonders der nicht blühenden Pflanzen, rundlich nierenförmig, die der blühenden St lanzettlich oder lineal. Rispe locker, Kelchzipfel lineal. Krone bauchigglockig, dunkelblau. Gemein, auf trockenen Wiesen etc. 2—3 dm. *C. pátula,*

ausgebreitete Glockenblume. Krone trichter- oder zylindrisch-glockenförmig. ⊙. Wiesen, Wälder. Bl blaulila. Mai — Juli. 3—6 dm.

Speculária Spéculum (zuerst bei Heister, speculum Spiegel, wegen der Blumenkrone), Frauenspiegel. Blumenkrone radförmig, violett. B länglich, halb stengelumfassend. Unter der Saat, gern auf Lehmboden, in Mittel- und Süddeutschland zerstreut.

Fam. 54. Compositae, Zusammengesetztblütige oder Korbblütler. B spiralig. K meist 0, C (5), A (5), G $(\bar{2})$. Kelch nicht entwickelt, an Stelle desselben oft zahlreiche Haare oder auch Borsten (Pappus). Blüten ☿ oder zum Teil ♂, ♀, klein, meist zu vielen in einem Kopf zusammengestellt, der von Hüllblättern (Hüllkelch) umgeben ist. Die mittleren (sog. Scheiben-) Blüten (seltener alle) oft regelmäſsig, röhrenförmig, 5zähnig, die Randblüten (oder alle) oft unregelmäſsig, zungenförmig. Staubfäden frei, Staubbeutel meist zu einer Röhre verwachsen, durch welche der vom unterständigen Frk entspringende Griffel hindurchtritt und den in der Röhre befindlichen Blütenstaub (oft mit einem Besen unter den 2 Narben) hinausfegt, sich oben in 2 meist ankerartige Schenkel (Narben) teilend.

Übersicht der Unterfamilien:

I. Meist ohne Milchsaft. Blumenkrone der Scheibenblüten nicht zungenförmig . . . . Unterfam. ***Tubuliflórae.***

II. Mit Milchsaft. Blüten alle zungenförmig, ☿, meist gelb . . . . Unterfam. ***Liguliflórae.***

§ 31.

Unterfamilie I. Tubuliflorae. Zu dieser gehören nicht nur diejenigen, bei denen *alle* Blüten röhrenförmig sind, sondern auch diejenigen, bei denen die Randblüten zungenförmig sind (z. B. Kamillen). In diesem Fall sind die Randblüten meist ♀, die mittleren (sogenannten Scheibenblüten) ☿.

a) Alle Blüten röhrenförmig. *Eupatorium cannábinum* (bei Dioskorides von εὐπάτωϱ, Beiname des Königs Mithridates), Wasserdost, Lämmerschwanz. Groſs, 9—15 dm. B *gegenständig,* meist 3teilig, mit lanzettlichen Abschnitten. Köpfe klein, in dichten Doldenrispen. Trüb *rosa.* Die Pflanze duftet apfelähnlich. An Gräben und feuchten Gebüschen. ♃. Juli — September. (Tussilago und Petasites, die scheinbar hierher gehören, siehe S. 226.)

b) Strahlblüten (Randblüten) meist zungenförmig, ♀ (selten geschlechtslos), weiſs, gelb, rot oder blau. Scheibenblüten (Mittelblüten) gelb, ☿.

Bellis (Pflanzenname bei Plinius), Gänseblümchen, Maſsliebchen. B rosettig, spatelförmig. St unbeblättert, 1köpfig. Strahlenblüten weiſs oder auſsen rosa. Wiesen, gemein, auf Rasenplätzen lästiges Unkraut.

Aster Tripólium (ἀστήρ Stern, Name einer Pflanze bei Theophrastos), Strand-Aster. Etwas fleischig, kahl. St ästig. Obere B lineal-lanzettlich. Köpfe doldenrispig. Hüllblätter angedrückt. Strahlblüten blaulila. Strand- und Salzwiesen. ⊙. Bis 9 dm. Juli—September. *A. Amellus,* Bergaster. Behaart. Obere B länglich-lanzettlich. Hüllblätter abstehend. Köpfe doldenrispig, ziemlich grofs. Strahlblüten blau. ♃. Gern auf *Kalk.* 3 bis 5 dm. *A. alpinus*, Alpenaster. St 1köpfig. B 3nervig, weichhaarig. Strahlblüten blau. Mittel- und Süddeutschland, selten, gern auf *Kalk.*

Erigeron (ἦρι früh, γέρων Greis, Pflanzenname bei Theophrastos), Dürrwurz. Köpfe klein, in Doldenrispen. Strahlblüten schmal-lineal.

E. acer, scharfe Dürrwurz. Äste 1köpfig. Strahlblüten lang, rötlich-lila. *E. canadensis,* kanadische Dürrwurz. Äste mit vielen sehr kleinen, gedrängten Köpfchen. Strahlblüten kurz, schmutzigweifs oder lila. Beide auf sandigem Unland, lästige Unkräuter, letztere häufiger.

Hieran schliefsen sich eine Anzahl Gattungen, die wollig-filzig sind und nur Röhrenblüten haben. Hüllblätter am Rande trockenhäutig, oft metallglänzend. So: *Filágo* (zuerst bei Dodoens, von filum Fadengespinst, wegen des wolligen Überzuges), Schimmelkraut. St ästig. Köpfe klein, gelblich-weifs. *F. germanica.* Sandig-lehmige oder kalkige Äcker. *Gnaphálium (Antennária) dióicum* (γναφάλιος filzig, wegen der Blätter, bei Dioskorides), Katzenpfötchen. Mit Ausläufern. Hüllblätter der ♂ stumpf, meist weifs, der ♀ spitz, meist rosa (Immortelle). ♃. Trockene Wiesen, auf Sandboden. *G. uliginosum,* Sumpf-Ruhrkraut. St ästig, Köpfchen knäuelartig, beblättert. Hüllblätter gelblich oder bräunlich. ⊙. Feuchte Äcker, auf Sand und Lehm. *Helichrýsum arenarium,* Strohblume, Immerschön. Hüllblätter locker, schön zitronengelb, selten orange. Blumenkrone orange. ♃. Sandige Triften, in Hessen nur auf Kalkhügeln.

Ínula (Pflanzenname bei Vergilius), Alant. Strahlblüten geschlechtslos, Hüllblätter dachziegelig. *I. Britannica.* St zottig, 1 bis vielköpfig. Blätter weich behaart, lanzettlich, die oberen mit herzförmigem Grunde stengelumfassend. Köpfe grofs, gelb. Hüllblätter viel kürzer als die Strahlblüten. ♃. Wiesen. 2—9 dm. Geruch aromatisch, etwas knoblauchartig.

Bidens (als Pflanzenname zuerst bei Caesalpinus), Zweizahn, wegen der Frucht, Wasserdost. Blätter gegenständig. Fr mit 2—6 rückwärts rauhen Grannen, sich leicht an die Kleider hängend, auch jungen Fischen sich ins Maul setzend und sie tötend. *B. tripartitus,* dreiteiliger Z. B meist 3—5teilig. Blumenkrone gelbbraun. Fr mit 2 oder 3 Grannen. ⊙. Gräben, feuchte Wiesen. 2—9 dm. Juli—Septbr. — *B. cérnuus,* nickender Zweizahn. Köpfe nickend. Ufer, Sümpfe.

Galinsoga (nach de Galinsoga, Intendant des botan. Gartens in Madrid, um 1800, benannt), Knopfkraut. *G. parviflora,* kleinblum. K. Strahlblüten meist nur 5, ♀, weifs. Blütenstandachse kegelförmig. St sehr ästig. Blätter gegenständig, herzeiförmig. ⊙. Aus Peru; seit 1807 aus dem botan. Garten zu Berlin ausgewandert, jetzt stellenweise lästiges Unkraut.

Ánthemis (ἀνθεμίς Kamille, bei Dioskorides), Hundskamille. Blütenboden mit Spreublättchen. Hüllblätter dachziegelig. Randblüten länglich, ♀. Kelchsaum 0. B spiralig. *A. arvensis,* Acker-Hundskamille. B doppeltfiederteilig. Blütenboden kegelförmig, innen *nicht* hohl, im Gegensatz zur echten Kamille Matricaria Chamomilla. Hüllblätter zuletzt an der Spitze zurückgebogen. ⊙ und ⊙. Äcker, gemein. Juni—Herbst. 2—5 dm.

Achilléa (nach dem Heros Achilleus benannt, bei Hippokrates), Garbe. Randblüten rundlich eiförmig, ♀. Kelchsaum 0. Bl in Doldenrispen. *A. Ptármica,* Bertram-Garbe. Grundachse kriechend. B lineal-lanzettlich, gesägt. Bl in lockeren Doldenrispen. Strahlblüten etwa 10. Wiesen, Gräben. Juli, August. 3—10 dm. *A. Millefolium,* Schafgarbe. Grundachse kriechend, mit Ausläufern. B doppelt-fiederteilig, Abschnitte 2—5-spaltig, Zipfelchen lineal. Bl in dichten Doldenrispen. Strahlblüten 4—6. ♃. Wiesen, Triften, gemein. Juni—Oktober. 2—5 dm. Gute Futterpflanze.

Leucánthemum (λευκός weifs und ἄνθεμον Blume, Pflanzenname bei Dioskorides). Blütenboden flach, halbkugelig, markig. *L. vulgare (Chrysánthemum Leucanthemum),* weifse Wucherblume. St bis 6 dm. 1köpfig. Stengelblätter sitzend, länglich-lanzettlich, gesägt. Kopf grofs, ohne Spreublättchen. ♃. Trockenere Wiesen, gemein. Mai—August.

Tanacétum (bei Karl dem Grofsen Tanazita) *vulgare,* gemeiner Rainfarn. B fiederteilig. Blüten in flachen Doldentrauben, gelb. ♃. An Rainen, besonders auf Lehm. 6—12 dm. Juli—Herbst.

Matricária Chamomilla (χαμαίμηλον, bei Dioskorides eine Pflanze, deren Geruch an Äpfel [μῆλον] erinnert), echte Kamille. Blütenboden kegelförmig, *hohl,* ohne Spreublättchen. B 2—3fach fiederteilig, Abschnitte schmal, lineal. ⊙. Äcker, besonders auf Lehm. Geruch angenehm aromatisch. Die Blüten ein wichtiges Heilmittel.

M. inodóra, geruchlose Kamille. Blütenboden halbkugelig, markig. B wie bei voriger. Zipfel lineal-fadenförmig, unterseits gefurcht. ⊙ und ♃. Äcker. Juni—Herbst. 2—6 dm.

Chrysanthemum ségetum (χρυσός Gold und ἄνθεμον Blume; Pflanzenname bei Dioskorides), gelbe oder Saat-Wucherblume. Blaugrün, etwas fleischig. Obere B halb stengelumfassend, grob gesägt, an der Spitze breiter. Bl dottergelb. ⊙. Äcker, auf schwarzem, feuchtem Boden, in manchen Gegenden eine Landplage, in andern fehlend.

Artemisia (vielleicht nach der Göttin Artemis Eileithyia, wegen ihrer Wirksamkeit bei Frauenkrankheiten), Beifuſs. Strauchartig, in vielen Arten auf dürren Plätzen etc. *A. vulgaris,* gem. B., *A. Absinthium,* Wermut.

Tussilágo Fárfara (Pflanzenname bei Plinius), Huflattich. Grundachse weiſs, auf Äckern ca. 30 cm unter der Erde, wagrecht verzweigt, weithin kriechend und Ausläufer treibend. An der Spitze im Sommer und Herbst eine Rosette langgestielter, rundlich-herzförmiger (hufförmiger), gezähnter, unterseits weiſsfilziger Blätter tragend. „Der meist endständige 1köpfige goldgelbe Blütenstand entwickelt sich, oft mit mehreren seitenständigen, im nächsten Frühjahr *vor* der Entfaltung der neuen Blätter; er trägt nur gefärbte schuppenartige Blätter und stirbt nach der Fruchtreife ab." (Ascherson und Graebner.) März—Mai. 25 cm. ♃. Auf Ton- und Lehmboden, besonders an quelligen Stellen. In den goldgelben Köpfen sind die ♀ Randblüten ganz schmal zungenförmig.

Petasites (*πέτασος* breiter Hut, wegen der rundlichen Blätter, bei Dioskorides), Pestwurz. Blütenschaft blattlos, nur mit lockeren Schuppen, meist *vor* den Blättern erscheinend. Köpfchen in Rispen. *P. officinalis.* B rundlich-herzförmig, eckig, unterseits graugrün, Herzausschnitt tief, *sehr* groſs. Bl schmutzig-purpurn. ♃. Feuchte Wiesen, Quellen, Gräben. März, April. 30 cm.

Árnica montana (zuerst bei Ruppius, soll aus *πταρμική* durch Verstümmelung entstanden sein), Berg-Wohlverleih, Arnika. St einfach. Blätter gegenständig, hellgrün, grundständige meist 4, länglich verkehrt-eiförmig. Blütenköpfe groſs, einzeln, *orange.* ♃. Feuchte, besonders torfige, seltener trockene Wiesen, stellenweise. Geruch stark aromatisch. Wund-Heilmittel.

Senécio (bei Plinius, von senex Greis; wohl wegen der bald sichtbar werdenden Haarkrone), Baldgreis. Früchte zylindrisch, gerippt, mit Haarkrone. (1200 Arten!) Köpfe bei unseren Arten gelb, rispig. *S. paluster,* Sumpfbaldgreis. Torfsümpfe, besonders in frisch gestochenen Torfgruben. Höhe 3—6 dm. Dicht klebrig zottig. St dicht beblättert. Stengelblätter lanzettlich. ⊙. Norddeutschland und Elsaſs. *S. vulgaris,* Kreuzkraut. ⊙ u. ⊙. Stengelblätter buchtig fiederspaltig, spinnwebig. Strahlblüten fehlend. Lästiges Unkraut. *S. vernális,* Frühlings-Kreuzkraut, ⊙ u. ⊙, ähnlich dem vorigen. *Strahlblüten vorhanden.* B kraus. Köpfe locker doldenrispig. Mai, Juni. Eisenbahndämme, Unland. Wandert immer weiter nach Westen, ist aber lange nicht so gefährlich, wie man erst annahm. *S. Jacobaea.* Untere Blätter mit kerbig-eingeschnittenem Endabschnitt, obere Blätter fiederteilig, stengelumfassend, Fiedern weit abstehend. ♃. Wiesen. *S. aquaticus,* ähnlich, hellgrün, Köpfe gröſser.

Carlina acaulis (zuerst bei de l'Obel, nach Kaiser Karl d. Gr. benannt; sie soll sich in seinem Heere bei einer pestartigen Krankheit hilf-

reich gezeigt haben), stengellose Eberwurz, Wetterdistel. B nur grundständig, gefiedert, Abschnitte stachelig gezähnt. St 1köpfig. Köpfe sehr grofs, mit schön silberweifsen, trocken sich spreizenden inneren Hüllblättern. Auf *Kalk,* zerstreut in Mitteldeutschland. *C. vulgaris.* St doldenrispig. Dürre Hügel, Kalkberge.

Cárduus (Name einer Distel bei Vergilius), Distel und *Círsium,* Kratzdistel; beide werden kurzweg als Disteln bezeichnet.

Carduus. Haare der Haarkrone einfach, nur gezähnelt, unten zu einem Ringe verwachsen. *C. crispus,* krause Distel. B herablaufend, unterseits wollig-filzig. Köpfe klein, rundlich, meist gehäuft. Krone purpurn. ⨀. Wiesen, Flufsufer, Zäune. 6—15 dm.

Cirsium (*κίρσιον*, Name einer Distelart bei Dioskorides, von *κιρσός* Krampfader, da die Pflanze gegen dieses Leiden angewendet wurde). Haare der Haarkrone *gefiedert. C. lanceolátum,* lanzettl. Kratzdistel. B fiederteilig, oberseits von kleinen Stacheln rauh, herablaufend. Köpfe einzeln, grofs. Hüllblätter mit abstehendem Stachel. Hellpurpurn. Ackerränder, Weiden. Juli, August. *C. oleráceum,* kohlartige K., Wiesenkohl. Pflanze gelbgrün, weichstachelig. Köpfchen gehäuft, von grofsen, eiförmigen, *bleichen* Hochblättern umgeben. Bl gelblich-weifs. ♃. Auf feuchten Wiesen oft lästiges Unkraut. Juli, August. 5—15 dm. *C. acaule,* stengellose Kratzdistel. Blütenköpfchen einzeln oder zu 2—3, fast auf der Wurzel sitzend. ♃. Trockene Wiesen. Juli—September. Purpurn. *C. palustre,* Sumpf-Kratzdistel. Derb stachelig. St nebst B spinnwebig-filzig, B herablaufend, tief fiederspaltig, mit 2spaltigen, stachelspitzigen Zipfeln. Köpfchen klein, traubenförmig geknäuelt, auf kurzen, weifs-spinnwebigen Stielen. Purpurrot. ⨀. Nasse Wiesen, auf Moorwiesen oft sehr unangenehmes, lästiges Unkraut. 6—15, selbst 25 dm hoch. *C. arvense,* Ackerdistel. Blüten 2häusig. Gleich voriger dicht- und derbstachelig und ebenso lästiges Unkraut, aber noch gefährlicher, weil sie nicht 2jährig, sondern ausdauernd ist. Wurzel sehr ästig, *Adventivknospen* bildend. St fast kahl. B wenig herablaufend, lanzettlich, buchtig bis fiederspaltig. Köpfe ziemlich klein, eiförmig, rispig-ebensträufsig. Äcker, Triften, meist auf gutem Boden. Juli, August. — Vertilgung durch Ausstechen oder Ausziehen mit Distelzangen; doch bilden sich auf den zurückgebliebenen Wurzelstücken, selbst auf kleinen, wieder Adventivknospen, die sich zu Stengeln entwickeln. Daher kaum auszurotten. Nur dichte Bedeckung des Bodens mit anderen Pflanzen kann sie zurückdrängen. Auch sollte man alle Distelköpfe, bevor die Samen davonfliegen, vernichten. Vielleicht dürften sich Raupenfackeln, mit denen man die fast reifen Köpfe ansengt oder verbrennt, empfehlen.

Serrátula tinctória (Pflanzenname bei Plinius), Färberscharte. Grundblätter gestielt, meist ungeteilt. Stengelblätter sitzend, fiederspaltig, scharf

gesägt. Köpfe in Doldenrispen, 2häusig, purpurlila. Hüllblätter an der Spitze violett. ♃. Trockene Wiesen, lichte Gebüsche. Juli—September. 3—10 dm.

Centauréa (Pflanzenname bei Hippokrates, nach dem kräuterkundigen Centauren Cheiron benannt), Flockenblume. Die schönen grofsen tutenförmigen Randblüten sind geschlechtslos und dienen als Schauapparat, als Anlockungsmittel für Insekten. Hüllblätter dachziegelig, an der Spitze mit einem trockenhäutigen Anhängsel (oder 1 Stachel). *C. Jacéa* (italienisch, Stiefmütterchen), gemeine Flockenblume. Obere Blätter länglich-lanzettlich. Hüllblätter ganz von den meist rundlichen, bräunlichen, angedrückten Anhängseln bedeckt. Hellpurpurn. ♃. Trockene Wiesen etc. Juni—Herbst. 3—9 dm. *C. Cýanus* (*κύανος* blau), Kornblume. B lineal-lanzettlich. Hautrand der Hüllblätter fransig geschlitzt. — „Kornblumenblau". ⊙ und ⊙. *C. montana.* B herablaufend, lanzettlich. ♃. Garten-Kornblume. Kalkberge. Mittel- und Süddeutschland. *C. phrygia.* B länglich-elliptisch, gesägt-gezähnt. Anhängsel der Hüllblätter zurückgekrümmt, fiederig gefranst, die der innersten über die äufseren hervorragend. Wiesen im östlichen Deutschland.

§ 32.

Unterfamilie II. Liguliflorae, Zungenblütige. Alle Bl zungenförmig. Pflanzen mit Milchsaft.

Cichórium (Pflanzenname bei Theophrastos und Dioskorides). Früchte kantig, nicht ausfallend. Kelchsaum aus Schuppen bestehend. *C. Íntybus* (intubus oder intubum, Name der Gattung bei Vergilius), Cichorie, Wegwarte. St aufrecht. Untere Blätter buchtig-fiederspaltig, obere lanzettlich, halbstengelumfassend. Köpfe traubig. Bl hellblau. ♃. Wegränder (daher der Name), auf *Ton-* und *Lehmboden.* Auch gebaut.

Hypochoéris (soll von *ὑπόχοιρος* Ferkel [*χοῖρος*] säugend, herkommen; Pflanzenname bei Theophrastos), Ferkelkraut. Spreublättchen linealisch. Laubblätter gröfstenteils in einer grundständigen Rosette, aus der mehrere ästige Blütenstengel hervorragen. Köpfe vor der Blüte aufrecht. *H. radicata.* Grundblätter lanzettlich, stielartig verschmälert, buchtig gezähnt, mit stumpfen Zähnen. St aufrecht, blattlos. Hüllblätter alle kürzer als die Blüten. Bl. dunkel goldgelb, die äufseren aufsen dunkelblaugrau. Früchte sämtlich geschnäbelt. ♃. Trockene Wiesen. Vom Herbst-Löwenzahn (S. 229) sofort durch die graugrünen Stengel, die meist viel gröfseren Köpfe, die Farbe der Randblüten und die nicht verdickten Blütenstiele und besonders durch die Spreublätter zu unterscheiden. 1,5—6 dm.

Achyróphorus (zuerst bei Vaillant, *ἄχυρον* Spreu, *φόρος* tragend, wegen der Spreublätter), Hachelkopf. Wie Hypochoeris, aber Haarkrone

nicht doppelt. *A. maculatus,* gefleckter Hachelkopf (Hypochoeris maculata). St 1—3köpfig, meist 1blättrig, rauhhaarig. Grundblätter länglich-verkehrt-eiförmig, buchtig gezähnt, mit *breitem* Grunde sitzend, meist mit länglichen rotbraunen Flecken, dicht borstig. Köpfe gröſser als bei voriger. Äuſsere Hüllblätter lanzettlich, an der Spitze abstehend, innere lineal-lanzettlich, oberwärts gelblich-filzig berandet. ♃. Sonnige Hügel, gern auf Lehm, aber auch auf sandigen Heideflächen, trockenen Wiesen, zerstreut. 3—6 dm.

Leóntodon (λέων Löwe, ὀδούς Zahn, von Linné gebildet), Löwenzahn (nicht der gewöhnliche Löwenzahn). Blütenboden ohne Spreublättchen. Hüllblätter meist weiſslich berandet. Haarkrone unserer Arten schmutzig weiſs. Alle ♃. *L. autumnalis,* Herbst-Löwenzahn. Wurzel abgestutzt, St meist ästig, mehrköpfig, blattlos. Köpfchenstiel *allmählich verdickt,* oberwärts schuppig. Grundblätter buchtig oder fiederspaltig gezähnt, kahl oder sparsam behaart. Wiesen, Triften, häufig. Goldgelb. Juli—Oktober. 10—60 cm. *Sehr gutes* Futter für das Weidevieh. (Vergl. E. Weber in Arbeiten der Deutschen Landw. Gesellschaft, Heft 61, S. 87.) *L. hispidus (L. hastilis, Apárgia hispida),* rauhhaariger oder spieſsblättriger L. Mit gabeligen Haaren besetzt. St ungeteilt, 1köpfig, unter dem Kopfe etwas verdickt, höchstens mit einzelnen Schuppen. Kopf vor dem Aufblühen *nickend.* Dunkel goldgelb. Wiesen.

Tragopógon (τράγος Bock, πώγων Bart; Pflanzenname bei Theophrastos), Bocksbart. B. grasartig, Köpfe langgestielt, einzeln, groſs. Blütenboden ohne Spreublättchen. Früchte mit langem Schnabel. Haarkrone groſs, mit ineinander gewebten Fiederhaaren.

T. major. Kopfstiel oberwärts keulig verdickt, hohl. Hüllblätter 10—12, länger als die Bl. Oberfläche des blühenden Kopfes in der Mitte vertieft. *Blaſsgelb.* ⨀. Hügel, gern auf Lehm und Kalk. 3—6 dm. Fehlt in Ostpreuſsen, oder dort nur Adventivpflanze. 3—10 dm.

T. pratensis, Wiesenhaferwurz (Fig. 20). Kopfstiel nur unter dem Kopf wenig verdickt. Hüllblätter 8, nur so lang als die Bl., oberhalb des Grundes quer eingedrückt. Dunkel goldgelb. ⨀. Wiesen, Hügel. Mai—August. 3—6 dm. *T. porrifolius,* Haferwurzel, aus Südeuropa, eſsbar.

Taráxacum (zuerst bei Serapion, die Pflanze galt vermutlich als Mittel gegen τάραξις, eine Art Augenentzündung). Hüllkelch länglich-glockenförmig, seine äuſseren Blätter kürzer, zurückgebogen, einen Auſsenkelch bildend. Spreublättchen fehlen. Blätter in grundständiger Rosette. *T. officinale,* Kuhblume, Butterblume[1]), auch Löwenzahn. Grundachse dick, ästig. B länglich-lanzettlich, buchtig-fiederspaltig, mit rückwärts gerichteten Abschnitten (schrotsägeförmig). Schaft 1köpfig, hohl. Goldgelb. ♃. Wiesen, gemein. Ein lästiges Unkraut, weil es mit seiner groſsen Blatt-

---

[1]) Butterblume ist eigentlich *Ranunculus acer.*

rosette anderen Pflanzen den Raum nimmt. Dient bekanntlich jung und namentlich etwas gebleicht am Rhein und besonders in Frankreich als Salat, und wird nach Weber, Arbeiten der Deutschen Landw. Gesellschaft Heft 61, S. 87, vom Fettvieh gefressen, wenn auch nicht mit Vorliebe.

Lactúca (Pflanzenname bei Plinius von lac Milch), Lattich. Früchte lang geschnäbelt. St beblättert. Köpfe klein, rispig. Hüllkelch zur Fruchtzeit unten meist bauchig, mit Aufsenkelch. *L. Scariola* (scariola, ital. = Endivie), wilder Salat (Fig. 21). B *senkrecht* gestellt, d. h. mit einer scharfen Kante gen Himmel, dabei an freistehenden Exemplaren meist alle nach Norden und Süden gerichtet (Kompafspflanze!). Blafsgelb.

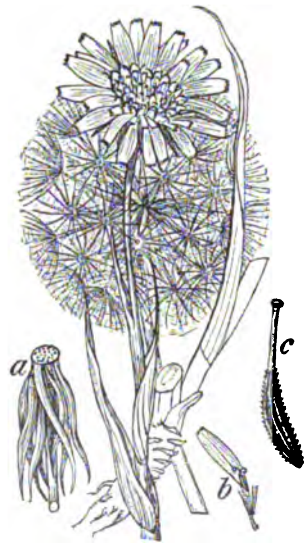


Fig. 20. Tragopogon pratensis. *a* Hüllkelch und Fruchtboden; *b* Blüte; *c* Frucht. (Nach Garcke.)



Fig. 21. Lactuca Scariola. *a* Blüte; *b* Hüllkelch und Fruchtboden mit einzelnen Früchten; *c* Frucht. (Nach Garcke.)

⊙. Hügel, gern auf fettem oder sandigem *Lehmboden,* zerstreut. Wahrscheinlich Stammpflanze unseres Salats, *L. sativa.*

Sonchus (*σόγχος*, eine Distelart bei Theophrastos), Gänsedistel. Früchte schnabellos. Haarkrone schneeweifs. Hüllblätter dachziegelig. St beblättert. B stengelumfassend, am Rande stachelig gewimpert.

A.: *Einjährig.* Wurzel spindelförmig, senkrecht. St *ästig.* Früchte gelbbraun. Hüllkelch kahl.

S. oleráceus, glatte Gänsedistel (Saudistel). B weich, meist glanzlos, obere Blätter stengelumfassend, am Grunde pfeilförmig. Bl schwefelgelb. Früchte querrunzelig. Äcker und Gärten, lästiges Unkraut. 3—9 dm.

S. asper, rauhe Gänsedistel. Steif, etwas blaugrün. B derber, meist glänzend, mit mehr stechenden Zähnen, obere am Grunde herzförmig. Früchte glatt. Sonst wie vorige, mehr auf feuchtem Boden, dunkler gelb. Juni bis Herbst. 3—7 dm.

B.: *Ausdauernd.* St unterwärts einfach, Hüllkelch drüsenhaarig:

S. arvensis, Acker-Gänsedistel. Hauptwurzel meist mit langen horizontalen Nebenwurzeln, die Adventivknospen treiben. Obere Blätter am Grunde herzförmig, mit abgerundeten Öhrchen. Doldenrispe wenig-köpfig. Köpfe grofs. Hüllkelch und Kopfstiele *gelb-drüsenhaarig.* Bl goldgelb. Fr *dunkel*braun. Feuchte Wiesen, auch auf Äckern, besonders unter Sommergetreide, namentlich Hafer. Juli—August. 5—15 dm. Vermehrt sich in ähnlicher Weise wie *Cirsium arvense* und ist für *feuchte* Äcker ein lästiges Unkraut. *S. paluster,* bis 2,5 m hoch, mit am Grunde tief pfeilförmigen Blättern und schwarzen Drüsenhaaren an der viel- aber kleinköpfigen Doldenrispe. Kommt nur stellenweise auf feuchten Wiesen vor. Ist eins der gröfsten Kräuter unserer Flora. Bl hellgoldgelb.



Fig. 22. Crepis biennis.
a Blüte; *b* Frucht, bei *c* ohne Federkelch.

Crépis (κρηπίς Schuh, Pflanzenname bei Theophrastos), Grundfeste, Pippau. Äufsere Hüllblätter kürzer, meist eine Aufsenhülle bildend. Köpfe meist in Doldenrispen. Fr *oben* verschmälert. Haare der Haarkrone, mit Ausnahme von C. paludosa, *schneeweifs,* weich, *nicht zerbrechlich.* — *C. foétida,* stinkende Grundfeste. St und B weichhaarig. Köpfchen vor dem Aufblühen nickend. Hüllkelch grau und zottig. Zitronengelb. ⊙ und ⊙. Gern auf Kalk; Mittel- und Süddeutschland. Juni—Aug. 3—4 dm. — *C. biennis,* zweijährige Grundfeste (Fig. 22). St beblättert. Blätter flach, meist am Grunde fiederspaltig, obere ungeteilt, mit öhrchenförmigem, gezähntem, aber nicht pfeilförmigem Grunde etwas stengelumfassend. *Goldgelb.* 6—12 dm. ⊙ und ⊙. Ackerränder, gern auf Lehm. Juni—Okt. — *C. tectórum,* Dach-Grundfeste. Graugrün. Obere Blätter linealisch, mit pfeilförmigem Grunde stengelumfassend, mit *auf*wärts gerichteten Öhrchen, am Rande umgerollt. Kopfstiele oben etwas verdickt. *Hellgelb.* ⊙ u. ⊙. *Sandige* Äcker, grasige Stellen, gemein. Mai—Oktober. — *C. virens,* grüne Grundfeste. Grasgrün. Stengelblätter linealisch, am Rande nicht

umgerollt, mit *ab*wärts gerichteten Öhrchen. Kopfstiele dünn, hellgelb. ⊙ und ⊙. Wiesen, Gebüsche. Juli—Oktober. — *C. paludosa,* Sumpf-Grundfeste. St hohl. Äufsere Hüllblätter schwarz-drüsenhaarig. Nasse Wiesen, besonders in Wäldern, an Bächen, zerstreut. Haare der Haarkrone *gelblich, zerbrechlich,* dadurch den Übergang zur Gattung *Hierácium* bildend.

Hieracium (ἱέραξ Habicht, Name einer Pflanze bei Plinius), Habichtskraut. Äufsere Hüllblätter meist keine Aufsenhülle bildend. Fr *unten* verschmälert. Haare der Haarkrone schmutzig-weifs, *zerbrechlich.* — Eine schwierige Gattung mit vielen Bastarden. Blätter meist in grundständiger *Rosette;* Stengelblätter dann klein oder 0. Alle Arten ausdauernd. Vegetative Vermehrung entweder: 1. durch Ausläufer oder 2. durch kurzgestielte Rosetten oder 3. durch unterirdische Knospen.

H. Pilosella (zuerst bei Thal und Camerarius, Diminutivform von pilosus haarig), gemeines Habichtskraut. Niedrig, mit verlängerten Ausläufern. B verkehrt ei-lanzettlich, borstig behaart, unterseits graufilzig. St blattlos, 1köpfig. Trockene, sandige Wälder, Grasplätze, gemein. Hellgelb, äufsere Blüten unterseits purpurn gestreift. Mai, Juni, einzeln noch im Herbst. 30—45 cm.

H. Auricula (auricula muris hispanica, ein Pflanzenname bei Joh. Bauhin), Öhrchen-Habichtskraut. Ausläufer zahlreich. B bläulich-grün, zungenförmig, fast kahl. St blattlos oder 1blätterig, 2—6köpfig. Hellgelb. Wiesen, feuchte Wälder, zerstreut. Mai, Juni. 15—30 cm. — *H. pratense.* St hohl, weich, besonders am Grunde mit langen, dichten, weichen, oft rötlichen Haaren. Köpfe zahlreich, klein, dicht gedrängt. Hell-goldgelb, Griffel gelb. Etwas feuchte Wiesen, zerstreut. Juni—August. 3—10 dm. — *H. murorum,* Mauer-Habichtskraut. Blafsgrün. Rosettenblätter zahlreich. Stengelblätter 1—2, klein. Doldenrispe vielköpfig. Blütenstiele bogig aufsteigend. Hüllkelch zylindrisch-glockig, schwarz-drüsenhaarig, innere Hüllblätter spitz. Goldgelb. Haarkrone ziemlich reinweifs. Wälder, Gebüsche. 3—9 dm. — *H. vulgatum,* gemeines Habichtskraut. Grasgrün. Rosettenblätter wenige, Stengelblätter 3—6. Hüllkelch kurz-glockig, sternfilzig und schwarz-drüsenhaarig, innere Hüllblätter stumpf. Blütenstiele aufrecht. Wälder, Gebüsche. Juni, Juli. 3—10 dm. — *H. laevigatum,* glattes Habichtskraut. St entfernt beblättert, steif. Hüllkelch zylindrisch-glockig, innere Hüllblätter spitz. Goldgelb. Sonnige Hügel, zerstreut. 6—12 dm. Juli, August. — *H. umbellatum,* doldiges Habichtskraut. St dicht beblättert. Hüllkelch länglich-zylindrisch, innere Hüllblätter stumpf. Laubblätter am Rande zurückgerollt. Wiesen, Wegränder, Gebüsche, häufig besonders auch auf den Dünen der Ostseeküste.

Kapitel III.

Pflanzengeographisches über die Wiesen.

§ 33.

Übersicht über die deutschen Pflanzenformationen. Die Pflanzen leben meist in Gesellschaften, in Vereinen, die man auch Pflanzenformationen nennt, zusammen.

O. Drude[1]) unterscheidet: 1. die deutschen Waldformationen, 2. die immergrünen und alpinen Gebüschformationen, darunter die Heide, 3. die deutschen Grasflurformationen, 4. die Moosmoorformationen, 5. die Formationen der Wasserpflanzen, 6. die offenen Formationen des trockenen Sandes und Felsgesteins, 7. die Salzpflanzenformationen des festen Landes, 8. Fels-, Geröll- und Nivalformationen des Hochgebirges, 9. die Bodenbedeckung Deutschlands unter dem Einflufs der Kultur.

Die Grasflurformationen, die uns am meisten interessieren, teilt er folgendermafsen ein: 1. Triftgrasfluren (im mittel- und süddeutschen Hügellande), 2. Sandgrasfluren (in Norddeutschland), 3. Salz- und Strandwiesen, 4. Langhalmige Niederungs- und Talwiesen, 5. Kurzhalmige Bergwiesen, 6. Langhalmige Bergtriften und Riedgrasfluren, 7. Kurzgrasige Alpenmatten, 8. Gras- oder Wiesenmoore.

Paul Graebner unterscheidet[2]) für das norddeutsche Flachland die Vegetationsformationen nach dem gröfseren oder geringeren *Nährstoffgehalt* des den Pflanzen zur Verfügung stehenden *Wassers,* und knüpft dabei an die geologischen bezw. chemischen Untersuchungen von Laufer, Wahnschaffe und Ramann an. Ramann fand z. B. in 100000 Teilen Wasser eines Heidemoores, das in ein Grünlandsmoor (Wiesenmoor) überging, nur rund 3,5 Teile Mineralstoffe, in dem Wasser der Grenze zwischen beiden, also im Übergangsmoor, 12,5, im Wiesenmoor aber 21,7!

---

[1]) O. Drude, Deutschlands Pflanzengeographie, Stuttgart 1896.

[2]) Im Archiv der Brandenburgia, Berlin 1898, und ausführlicher in Potonié, Naturwissenschaftl. Wochenschrift 1898, S. 54; ferner Graebner, Die Heide Norddeutschlands, Leipzig 1901, S. 25.



§ 34. Graebner schlägt folgende Einteilung vor:

A. *Vegetationsformen mit mineralstoffreichen Wässern:*
1. Trockener Boden:
   a) Übermäfsige Ansammlung (auch tierischer, organischer Stoffe), Ruderalstellen, in der Nähe von Dungstätten u. s. w.
   b) Pontische Hügel, d. h. oft nach Süden geneigte Abhänge trockener Hügel, auf mergeligem Sand oder sandigem Mergel im Osten Norddeutschlands, mit einer Flora, welche an diejenige des südöstlichen Europas erinnert.
2. Mäfsig feuchter Boden (Waldbildung):
   a) auf Mergelboden: Buchenwälder (an sandigeren Stellen oft die Weifsbuche vorherrschend);
   b) mit Sand oder doch weniger mergelhaltigem Boden:
      α) trocknerer Boden: Eichen-, Birkenwälder (hier allmähliche Übergänge zu B 2 b);
      β) feuchterer Boden: (in einigen Teilen des Gebiets) Fichtenwälder.
3. Nasser Boden:
   a) ohne übermäfsige Anreicherung von Nährstoffen, meist an fliefsendem Wasser:
      α) ohne Überschwemmung und ohne Eisgang: Erlenbrüche;
      β) mit Überschwemmung, ohne Eisgang: Auenwälder (besonders Eichen);
      γ) mit Überschwemmung und mit Eisgang: *Natürliche Wiesen.*
   b) mit übermäfsiger Anreicherung (auch organischer, meist pflanzlicher Stoffe): Grünlandsmoore (saure Wiesen).
4. Die Vegetationsformation des Wassers, der Landseeen, Teiche, Flüsse und Bäche.

B. *Vegetationsformationen mit mineralstoffarmen Wässern:*
1. Sehr trockener Boden, Sandfelder.
2. Trockener bis mäfsig feuchter Boden:
   a) mit Ortstein oder dicken Bleisandschichten: Calluna-Heiden (gewöhnliche Heiden);
   b) ohne Ortstein und ohne dicke Bleisandschichten, Kiefernwälder (hier Übergang zu A 2 b).
3. Nasser Boden, Heidemoore (Hochmoore).
4. Die Vegetationsformation im Wasser, Heideseeen, Heidetümpel.

C. *Vegetationsformationen mit salzhaltigen Wässern:*
1. Trockener Boden, Dünen.
2. Feuchter Boden, Strandwiesen.
3. Nasser Boden, Salzsümpfe.

§ 35. Eugen Warming, Lehrbuch der ökologischen[1]) Pflanzengeographie, 2. Aufl., übersetzt von Paul Graebner, 1902, unterscheidet: 1. Hydrophytenvereine, also Vereine der Wasser und Luftfeuchtigkeit liebenden Pflanzen; 2. Xerophytenvereine, d. h. der Trockenheit liebenden Pflanzen; 3. Halophytenvereine, d. h. der Salzpflanzen; 4. Mesophytenvereine, d. h. der Pflanzen, welche eine mittlere Feuchtigkeit verlangen. Zu den Hydrophytenvereinen gehören auch die Sumpfmoore oder Wiesenmoore (saure Wiesen, Grünlandsmoore) und die Sphagnummoore (Moosmoore, Sphagneta, Hochmoore). Zu den Xerophytenvereinen gehören u. a. die Heiden und Kiefernwälder. Zu den Mesophytenvereinen gehören u. a. die arktischen und alpinen Gras- und Krautmatten, ferner die Wiesen, die Weiden auf Kulturland, die laubwechselnden Mesophyten-Wälder. Zu den Halophytenvereinen gehören u. a. auch die Strandwiesen. Er bespricht schliefslich in seinem interessanten Werk auch den Kampf zwischen den Pflanzenvereinen.

§ 36.

Begriff der Wiesen. Wiesen sind nach Warming Vereine hoher, mehrjähriger, krautartiger Pflanzen, besonders der Gräser. Ihre Pflanzendecke soll sehr dicht geschlossen sein (einen Rasen bilden), und zu dieser Dichtigkeit trägt nicht wenig bei, dafs die Wiese gemäht wird. Eine Weide unterscheidet sich von einer Wiese nur dadurch, dafs das Abschneiden durch den Zahn des Weideviehes geschieht; auch liegt sie meist trockener, ganz abgesehen von den noch trockeneren, auf dem Acker belegenen künstlichen Weiden, Kleegrasschlägen. Die natürlichen Weiden in den Marschen etc. sind z. T. über 100 Jahre alt (ewige Weide). Durch das Mähen bezw. Abweiden wird die Samenbildung verhindert, die Verzweigung vermehrt und die floristische Zusammensetzung geändert. Einjährige Pflanzen können sich meist auf der Wiese nicht halten, weil durch das Mähen ihre Samenreife verhindert und durch die oft eintretenden Überschwemmungen ihr Gedeihen gehemmt wird.

§ 37. Entstehung der Wiesen. Manche Wiesen sind aus eingetrockneten Seen etc., viele andere offenbar aus Wald entstanden, wie man das noch heute in Nordamerika sehen kann, wo nach dem Abholzen eines Waldes der Boden sich mit einer Grasnarbe bedeckt. — Läfst man eine Wiese ungemäht, so treten anfangs Sträucher, später Bäume auf derselben auf.

Die Wiesen an den gröfseren Flüssen — und das sind die meisten — sind aber sicherlich nicht aus Wald hervorgegangen, denn da ist des Eisganges wegen Waldwuchs gar nicht möglich gewesen. Sie sind eben eine uralte, den Flufsgebieten erb- und eigentümliche Formation.

---

[1]) Als Ökologie (οἶκος Haus, Haushaltung, λόγος Lehre) bezeichnet Haeckel die Wissenschaft von den Beziehungen der Organismen zur Aufsenwelt.

§ 38. Bestandteile. Im allgemeinen bilden Gräser im weiteren Sinne den Hauptbestandteil der Wiesen, doch ändert sich das sehr mit der Höhenlage. Schon in Mittel- und Süddeutschland finden wir mehr Kleegewächse und Blumen, in manchen Fällen auch viele schädliche oder wenigstens bessere Gewächse verdrängende Pflanzen, die z. T. auch in Norddeutschland häufig sind, wie wilder Kerbel (sogenannter Kälberkropf, Anthriscus silvestris), Bärenklau (Heracleum Sphondylium) und im Nachsommer Pastinak. (Siehe diese alle S. 206—208.)

In den hochgelegenen Teilen des Harzes besteht mitunter die Hälfte der Wiesen aus Doldengewächsen (besonders Bärwurz, Meum Athamanticum S. 206) und Klappertopf (Alectorolophus S. 218) etc. In den Alpen, namentlich in den höheren Bergen, sind ebenfalls Doldengewächse und ferner Kompositen, S. 223, sowie Wegericharten (Plantago alpina etc.) aufserordentlich stark vertreten. Stebler und Schröter[1]), Zürich, fanden z. B. auf einer Kuhweide in 1970 m Höhe nur 44,5 % Süfsgräser, dagegen 10 % Kompositen und 32 % Wegericharten. — Die Wiesen in den grofsen Flufsniederungen Norddeutschlands sind dagegen im wesentlichen nur aus Gräsern zusammengesetzt, indes finden sich auch hier Moose, Schachtelhalme und „Blumen“ aus verschiedenen Familien.

§ 39.

Die Wiesentypen. Je nachdem ein oder das andere Gras vorherrschend ist, kann man nach dem Vorgange von Stebler und Schröter[2]) und C. Weber „Wiesentypen“ unterscheiden, die selbstverständlich besonders durch die Feuchtigkeitsverhältnisse bedingt sind. Ich habe in Thiel's Landw. Jahrb. XXIII, S. 97, für Norddeutschland 4 Typen vorgeschlagen:

1. Der *Mielitz-Typus,* Glyceria spectabilis,[3]) als Typus der den Überschwemmungen und dem Eisgang ausgesetzten Flufswiesen, also der feuchtesten süfsen Wiesen. Der Glyceria spectabilis sind beigesellt: Phalaris arundinacea, Alopecurus pratensis, Poa serotina, P. trivialis, Festuca pratensis, F. arundinacea, Agrostis stolonifera etc.

2. Der *Rasenschmielen-Typus,* Aira caespitosa, als Typus der moorigen Wiesen. Er entspricht etwa dem Besenried-Typus (Molinia coerulea) von Stebler und Schröter, denn Molinia kann auch viel vorhanden sein; es sind aber nicht so viel Seggen und dergl., sondern noch

[1]) Stebler und Schröter, „Die besten Futterpflanzen“, 3. Teil. Die Alpenfutterpflanzen, Bern 1889, S. 60. — Das ganze Werk, 4 Teile, ist höchst empfehlenswert und enthält treffliche farbige Abbildungen.

[2]) Stebler und Schröter, Versuch einer Übersicht über die Wiesentypen der Schweiz. Landw. Jahrb. der Schweiz, 1892. (Kurz abgedruckt in Thiel's Landw. Jahrb. XXIII. S. 91.)

[3]) Andeutungen der Silbenbetonung in Kap. V, Systematik.

mehr Gräser, namentlich Festuca rubra, sowie Agrostis canina etc. vorhanden.

3. Der französische *Raigras-Typus,* Arrhenatherum elatius (Avena elatior), als Typus der mittelfeuchten, besten Wiesen. Dieser Typus findet sich auch bei Stebler und Schröter unter dem Namen „Fromentaltypus" auf Fettrasen. (Fromental ist die franz. und schweizerische Bezeichnung für franz. Raigras.) In ihm finden sich die meisten guten Gräser vertreten: Festuca pratensis, Phleum pratense, Poa pratensis, Lolium perenne, Dactylis glomerata etc.

4. Der *Straufsgras-Typus,* Agrostis vulgaris, als Typus der trockenen Wiesen, namentlich auf der Geest, besonders auch der Bergwiesen. Auch dieser findet sich bei Stebler und Schröter. In ihm sind aufserdem enthalten: Kammgras, Goldhafer und Rotschwingel.

Stebler und Schröter nehmen für die ganze Schweiz zwar 21 Typen an, doch gelten viele nur für höhere Lagen oder für saure Wiesen; für den „Fettrasen", d. h. die gedüngten Wiesen, haben sie nur 3: Fromental-, Straufsgras- und Romeyen-Wiesen (Poa alpina); letzterer Typus fällt bei uns weg, da er rein alpin ist.

C. A. Weber[1]) in Bremen nimmt für norddeutsche reiche *Moor*wiesen folgende 4 Typen an:

1. Typus des Wiesenrispengrases, Poa pratensis (d. i. der der trockneren Wiesen in trocknerer Luft).
2. „ „ gemeinen Rispengrases, Poa trivialis (d. i. der der feuchteren Wiesen in feuchterer Luft).
3. „ „ Wiesenschwingels, Festuca pratensis (d. i. der der dauernd feuchten Wiesen, Grundwasserstand im Sommer in 30 bis 50 cm Tiefe).
4. „ „ flutenden Mannagrases, Glyceria fluitans (d. i. der der nassen Wiesen, Grundwasserstand im Sommer schon in 10—20 cm Tiefe).

Für Westholstein führt Weber[2]) 13 Typen (er nennt sie Subformationen) auf, und geht dabei von der trockenen Geest allmählich immer mehr nach den Marschen, schliefslich auf die Aufsendeichländereien am Meer.

---

[1]) In Tacke, Mitteilg. üb. d. Arbeiten d. Moor-Versuchs-Station Bremen. Thiel's Landw. Jahrb. Bd. XXVII, Ergänzungsbd. IV, S. 455.

[2]) Weber, Über d. Zusammensetzung d. natürlichen Graslandes in Westholstein (Schriften d. naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein, Bd. IX, Heft II, 1892). Siehe auch viele andere treffliche Arbeiten Weber's, namentlich „Arbeiten der Dtsch. Landw.-Gesellschaft", Heft 61: Beiträge zur Kenntnis der Dauerweiden in den Marschen Norddeutschlands, vom Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Emmerling, Kiel, und Dr. C. A. (nicht wie der Titel sagt L. A.) Weber, Bremen, Berlin 1901.

I. Geest	1.	Typus der	Aira flexuosa, gebogene Schmiele.
„ „	2.	„ „	Poa pratensis, Wiesen-Rispengras.
„ „	3.	„ „	Poa trivialis, gemeines Rispengras.
„ „	4.	„ „	Aira caespitosa, Rasenschmiele.
„ „	5.	„ „	Carex panicea, hirsenartige Segge.
„ „	6.	„ „	Carex gracilis (= C. acuta), scharfe Segge.
„ „	7.	„ „	Molinia coerulea, blaues Pfeifengras, Besengras.
II. Übergangsgebiet .	8.	„ „	Festuca pratensis, Wiesen-Schwingel.
III. Eingedeichte Marsch	9.	„ „	Agrostis alba (= stolonifera), Fiorin-gras.
„ „ „	10.	„ „	Marschform von Poa pratensis.
„ „ „	11.	„ des	Hordeum secalinum, roggenartige Gerste, Wiesengerste.
„ „ „	12.	„ „	Lolium perenne, englisches Raigras.
IV. Vorland (Groden)	13.	„ der	Festuca thalassica, Meerstrands-Schwingel, und der Festuca rubra, Rotschwingel.

R. Braungart[1]) in München fügt zu Weber's Typen, die sich meist auch in Mittel- und Süddeutschland finden, noch folgende für *Mittel-* und *Süddeutschland* wichtige Typen (er nennt sie Formationen) hinzu. (Diese kommen übrigens mit Ausnahme von No. 21 auch bei uns im Norden vor.)

14. Typus der Avena elatior, französisches Raigras, und Dactylis glomerata, Knaulgras, Fettrasentypus.
15. „ „ Avena flavescens, Goldhafer.
16. „ „ Alopecurus pratensis, Wiesen-Fuchsschwanz.
17. „ „ Bromus erectus, aufrechte Trespe (auf trockenem Kalk und Mergel).
18. „ „ Nardus stricta, steifes Borstengras (auf sehr trockenem Boden.)
19. „ „ Agrostis vulgaris, gemeines Straufsgras.
20. „ „ Holcus lanatus, wolliges Honiggras (auf kalkarmem Gebiet).
21. „ „ Poa alpina, Alpen-Rispengras.

C. A. Weber unterscheidet neuerdings in Arbeiten der D. L.-G., No 61, auf den Grasfluren des ausgesüfsten Bodens der Flufs*marschen* und der eingedeichten See*marschen* folgende Typen:

---

[1]) Handbuch der rationellen Wiesen- und Weidenkultur und Futterverwertung. München 1899, S. 267.

I. Reihe. Die Grasfluren des hochgelegenen trockenen bis mäfsig feuchten Kleibodens:

1. Typus des gemeinen Straufsgrases (Agrostis vulgaris).
2. „ des Wiesenrispengrases (Poa pratensis).
3. „ des Kammgrases (Cynosurus cristatus).
4. „ des roten Schwingels (Festuca rubra).
5. „ der Quecke (Triticum repens).
6. „ der Wiesengerste (Hordeum secalinum).
7. „ des englischen Raigrases (Lolium perenne).
8. „ des französischen Raigrases (Arrhenatherum elatius) mit den Nebentypen des Knaulgrases (Dactylis glomerata) und des Goldhafers (Trisetum flavescens).

II. Reihe. Die Grasfluren des frischen bis ziemlich feuchten Kleibodens:

a) Auf reicherem Boden:

1. Typus des Wiesenfuchsschwanzes (Alopecurus pratensis).
2. „ der Rasenschmiele (Aira caespitosa).
3. „ des wolligen Honiggrases (Holcus lanatus).
4. „ des gemeinen Rispengrases (Poa trivialis).
5. „ des Wiesenschwingels (Festuca pratensis).
6. „ des Rohrschwingels (Festuca arundinacea).
7. „ der Quecke (Triticum repens).

b) Auf völlig verarmtem Kleiboden:

8. „ der hirsenartigen Segge (Carex panicea) mit dem Nebentypus des Benthalmes, Pfeifengrases (Molinia coerulea).

III. Reihe. Grasfluren des feuchten Marschbodens:

1. Typus des weifsen Straufsgrases (Agrostis alba) mit den Nebentypen des flutenden Mannagrases (Glyceria fluitans), des geknieten Fuchsschwanzes (Alopecurus geniculatus) und des Sumpf-Rispengrases (Poa palustris oder P. serotina).
2. „ der rauhhaarigen Segge (Carex hirta).
3. „ der Fuchssegge (Carex vulpina).

IV. Reihe. Grasfluren des nassen Marschbodens:

1. Typus des Rohrglanzgrases (Phalaris arundinacea) mit dem Nebentypus des ansehnlichen Mannagrases (Glyceria spectabilis).
2. „ der scharfen Segge (Carex acuta).
3. „ der geschnäbelten Segge (Carex rostrata).
4. „ der Ufersegge (Carex riparia).

Kapitel IV.

Bau und Entwickelung der echten Gräser.

§ 40.

Allgemeines. Die Familie der echten oder süfsen Gräser gehört, wie aus ihrer Stellung im natürlichen System der Pflanzen S. 175 u. 181 hervorgeht, zur Unterklasse der Monokotyledonen, d. h. der Pflanzen, die nur mit *einem* Blatte keimen, meist parallelnervige Blätter haben und in ihren Blütenteilen die Dreizahl zeigen, welch letzteres bei den Gräsern freilich nur hinsichtlich der Staubgefäfse in die Erscheinung tritt. — Die echten Gräser bilden mit der Familie der Ried-, Schein-, Halb- oder Sauergräser, der Cyperaceae (am angef. Orte), zusammen die *Reihe* der *Spelzblütigen* oder *Glumiflorae*. Gemeinsam ist diesen, dafs die Blüten keine Kelch- und Kronenblätter besitzen und von Hochblättern (Spelzen) bedeckt sind. Ihr Fruchtknoten enthält stets nur eine Samenanlage.

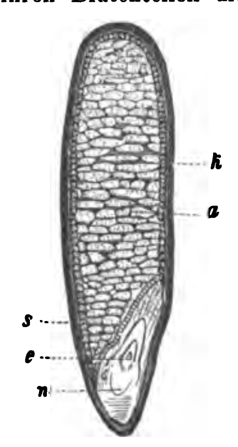


Fig. 23. Frucht des italienischen Raigrases, Längsschnitt; 20:1. *a* Stärkehaltige Zellen des Mehlkörpers oder Endosperms, *e* Embryo, *k* Kleberzellen (stickstoffreiche Zellen) des Mehlkörpers, *s* Schildchen des Embryos, *w* Würzelchen.

§ 41.

Bau des Kornes. Der Grassamen oder das Korn, das wir aussäen, ist kein Same, sondern eine ganze Frucht, eine nicht aufspringende Schalfrucht, Caryopse, die oft noch von den Spelzen umgeben ist, wie z. B. bei Hafer und Gerste. An einem Korn, z. B. vom Weizen oder vom entspelzten Raigras, erkennt man drei Teile: 1. die Schale, 2. den Keim oder Embryo, 3. das Nährgewebe, Endosperm oder den Mehlkörper (Fig. 23). — Die *Schale* besteht aus zwei Schalen, die äufsere ist die Fruchtschale, die innere die Samenschale. Beide sind bei der Grasfrucht miteinander verwachsen, etwa so, als wenn die Schale des Haselnufssamens an die harte, holzige Fruchtschale angewachsen wäre. Diese doppelte Schale bildet beim Mahlprozefs die Kleie. — Der *Keim (e)* ist das wichtigste, er ist die noch unentwickelte Pflanze. Bei echten Gräsern liegt er meist unten und aufsen, dicht unter der Schale.

Er ist nur klein, gerade, und besteht aus einem oberen Teil: Knöspchen, Federchen oder plumula, einem unteren Teil: Wurzelanlage, radicula *(w)*, und einem seitlichen, dem Mehlkörper anliegenden Teil, dem Schildchen oder scutellum *(s)*, welches das eigentliche Keimblatt ist, aber nie hervortritt.

Die *Plumula* besteht aus einem ganz kurzen Stengelchen, welches mehrere tutenförmig ineinandersteckende Blätter und an seiner Spitze den Vegetationskegel trägt, welcher später den Halm mit Blättern und Blüten bildet. — Die *Wurzelanlage* ist die Fortsetzung des Stengelchens nach unten und weist nach den verschiedenen Arten der Gräser ein bis mehrere Würzelchen auf, welche von einem Hüllgewebe, der „Wurzelscheide“, umgeben sind. — Das Keimblatt oder Schildchen ist an der dem Mehlkörper zugekehrten Seite mit pallisadenförmigen Saugezellen versehen, welche sich bei der Keimung verlängern und die gelösten Nährstoffe des Mehlkörpers dem Keim durch Diffusion zuführen.

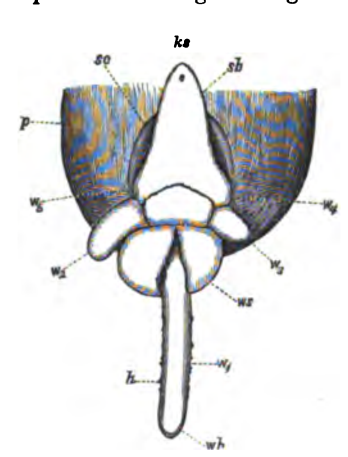


Fig. 24. Keimling des Weizens, 3 Tage nach der Aussaat. w_1—w_3 Haupt- und Seitenwurzeln, *h* Anfänge der Wurzelhaare, *wh* Wurzelhaube, *ws* Wurzelscheide, *sb* Scheidenblatt, *sc* Schildchen, *p* Fruchtschale, *ks* Keimspalte; 7:1. (Nach Nowacki.)



Fig. 25. Junge Weizenpflanze. *s* Korn, *b* erstes (röhrenförmiges) Blatt, *w* Wurzeln mit Erde *e* bekleidet, welche durch die Wurzelhärchen festgehalten wird; 2:3. (Nach Sachs.)

Das *Nährgewebe* oder Endosperm nimmt den gröfsten Teil des Kornes ein, es wird im gewöhnlichen Leben „Mehlkörper“ genannt, weil meistens seine Zellen (*a*) reich mit Stärkemehl erfüllt sind. Die äufserste Zellenlage, unter der Schale, ist sehr proteïn- und fettreich (wie auch der Embryo) und heifst Kleberschicht (*k*). Der eigentliche Kleber liegt aber im Innern.

§ 42.

Keimung und Entwickelung. Bei der Keimung tritt zuerst die Wurzelscheide heraus und entsendet aus ihrer Oberhaut zahlreiche Haare,

welche das etwa oberflächlich liegende Korn am Boden befestigen. Gar bald folgt dann das Würzelchen, oder wenn, wie beim Getreide, mehrere vorhanden sind, zuerst das stärkste derselben (Fig. 24). Eine eigentliche Haupt- oder Pfahlwurzel bildet sich bei allen Monokotyledonen nicht, denn die Nebenwurzeln erreichen bald die gleiche Stärke wie die Hauptwurzel.

Aufserdem findet sich am fortwachsenden Ende jedes Würzelchens eine „Wurzelhaube", welche die Wurzelspitze beim Vordringen im Boden schützt. Kurz vor der Spitze, aber nicht an dieser selbst, treten bald eine grofse Menge „Wurzelhärchen" (Fig. 25, 26), die als Ausstülpungen der Oberhautzellen anzusehen sind, hervor, und diese Wurzelhärchen sind die

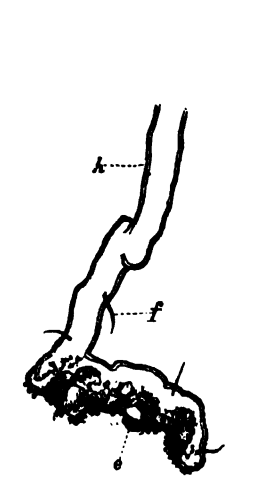


Fig. 26. Wurzelhaar des Weizens, bei *e* mit den Bodenteilen verwachsen; 500 : 1. (Nach Nowacki.)

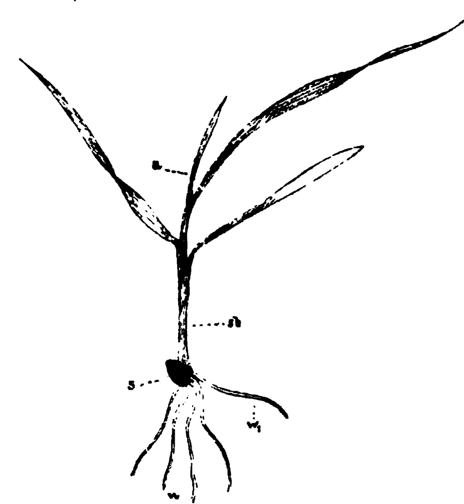


Fig. 27. Junge Weizenpflanze. *sb* Scheidenblatt, *w* Keimwurzeln, w_1 sogen. Kronenwurzeln, *a* Trieb, *s* Samenkorn; 2 : 3. (Nach Nowacki.)

eigentlichen Organe, mit welchen die Pflanzen ihre Nahrung aus dem Boden aufsaugen. Wegen des festen Umklammerns der Erdteilchen zeigt sich jede aus dem Boden gezogene jüngere Wurzel, sehr deutlich beim Getreide, mit Erdteilchen, den sog. „Wurzelhöschen" (Fig. 25 und 26) besetzt.

Das Blattknöspchen, die Plumula, entwickelt sich etwas später als die Radicula. Sein kurzer Stengelteil zeigt häufig schon im Samen zwei oder mehr Nebenwurzelanlagen, wie denn oft am unteren Stengelteile der Gräser, auch nach seinem Hervortreten über die Erde, an den Knoten Nebenwurzeln entspringen (Mais). Das Stengelchen selbst, das Epikotyl, streckt sich anfangs nur wenig; was man zuerst über die Erde hervortreten sieht, ist das erste Blatt. Dieses Blatt ist aber nicht flach, wie die späteren es gewöhnlich sind, sondern röhrenförmig (Fig. 25*b*, 27*sb*). Es tritt aus

einer Spalte, meist am oberen Drittel des Keimes (Fig. 24), hervor, durchbricht mit seiner harten Spitze den Erdboden und öffnet sich oben erst nach einiger Zeit, um die von ihm eingeschlossenen folgenden Blätter hindurchtreten zu lassen. Beim Roggen ist das erste Blatt rötlich, daher sieht die junge Roggensaat rötlich-braun aus. Dies eine Blatt wird häufig als Keimblatt angesehen, in Wirklichkeit ist, wie gesagt, das Schildchen des Keimes als solches aufzufassen.

§ 43.

Stengel. Endlich entwickelt sich der Stengelteil stärker und tritt heraus. Er wird bekanntlich bei den Gräsern *Halm* genannt. Selten ist er holzig und mit seinem oberirdischen Teile ausdauernd (wie beim Bambusrohr), gewöhnlich krautig und über der Erde nach der Fruchtreife absterbend. Im Innern ist er meistens hohl, nur beim Mais, dem Zuckerrohr, zum gröfsten Teil auch bei der Mohrenhirse (Andropogon) etc. voll (auch beim englischen oder bauchigen Weizen, Triticum turgidum, und beim Hartweizen, T. durum. aber hier nur dicht unter der Ähre).

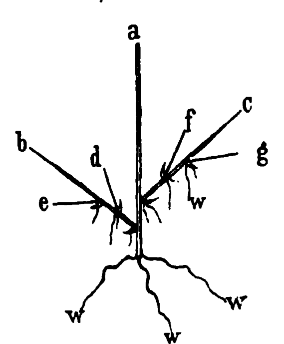


Fig. 28. Schema der Bestockung. *a* Hauptstamm, *b*, *c* Seitenzweige 1., *d*—*g* 2. Ordnung, *w* Wurzeln. (Nach Nowacki.)

Die Stellen, an denen die Blätter entspringen, sind aber stets voll und erscheinen gewöhnlich verdickt. Man nennt sie die *Knoten* oder *Nodi*, die zwischen den Knoten liegenden Stücke heifsen die *Internodien*. Die Verdickung der Knoten wird nur in seltenen Fällen durch eine Verdickung des Halmes selbst bewirkt (Halmknoten), so bei den Hirsearten etc., bei den meisten Gräsern durch Anschwellung der *Blattscheiden*-Basis (Scheidenknoten). Einige Gräser, wie z. B. Molinia coerulea, das blaue Pfeifengras, haben scheinbar gar keine Knoten. Hier sitzen sie aber ganz unten dicht übereinander, weil die Internodien mit Ausnahme des obersten dort wenig gestreckt sind.

Durch den *zylindrischen* oder zweischneidigen, nicht dreikantigen, *meist hohlen*, mit *Knoten* versehenen Halm unterscheiden sich die echten Gräser oder Süfsgräser, Gramineae, von den Scheingräsern oder Sauergräsern, Cyperaceae, von denen allerdings manche auch einen runden Stengel haben.

Seitenzweige bildet der Halm nur an seinem *obersten* Ende, in der Blütenregion, und an seinem *untersten* Ende, in oder dicht über der Erde, in der Achsel von Laubblättern oder Niederblättern (schuppenartigen Blättern, Fig. 28). Die Verzweigung aus der Basis nennt man bei den

Gräsern die *Bestockung*. Je öfter man ein Gras mäht, um so öfter bilden sich wieder neue Seitenzweige an der Basis, um den Verlust zu ersetzen; doch kommt nicht allen Gräsern diese Eigenschaft in gleich hohem Grade zu.

Bei den *einjährigen* oder annuellen Gräsern gelangen die basalen Seitentriebe mit dem Haupttriebe zugleich oder wenig später zur Blüten- und Fruchtbildung, und die Pflanze stirbt dann ab.

Bei den *ausdauernden* oder *perennierenden* Gräsern, und zu diesen gehören die besten Wiesengräser, kommen die *Seitentriebe* meist erst ein Jahr später zur Blüte als der Haupthalm; sie überwintern in unfruchtbarem Zustande, um im nächsten Jahre an ihrer Basis wieder Seitentriebe zu erzeugen, die im dritten Jahre blühen, während sie selbst nach der Reife absterben. Man braucht also nur nachzusehen, ob ein blühendes Gras an seiner Basis *sterile Blattbüschel* besitzt, um zu wissen, ob man es mit einem ausdauernden Grase zu tun hat.

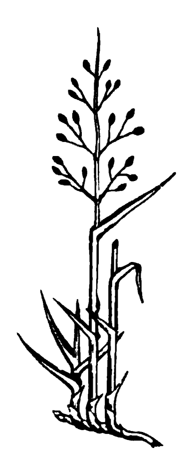


Fig. 29. Horstbildendes Gras, schematisch. (Nach Stebler und Schröter.)

Mitunter zeigen auch die einjährigen Gräser scheinbar sterile Blattbüschel an ihrer Basis, wenn man aber dieselben näher untersucht, findet man doch beim Auseinanderfalten der Blätter die Anlage eines Blütenstandes. Bei ausdauernden Gräsern sieht man oft noch den abgestorbenen Blütenhalm des vorigen Jahres, was ebenfalls als ein Kennzeichen gelten kann.

Öfter kommen übrigens auch bei ausdauernden Gräsern *mehrere* basale Seitentriebe noch in demselben Jahre zur Blüte, besonders wenn der erste Halm abgemäht ist. So erklärt es sich, dafs z. B. das französische Raigras, Arrhenatherum elatius, häufig sowohl beim ersten wie beim zweiten Schnitt in Blüte steht. Solche Gräser sind mit die wertvollsten.

Die untersten Teile der auseinander hervorgesprofsten Seitentriebe bleiben meist unter der Erde und haben dort keine Laubblätter, sondern nur kleine, bleiche oder braungelbe Schuppenblätter, sog. Niederblätter, in deren Winkeln wieder Seitentriebe entstehen können, während an den Knoten des Stengels Wurzeln auftreten. Die Schuppenblätter verkümmern später, und man sieht dann nur die Stengel mit den Seitenwurzeln daran. Dadurch könnte man leicht verleitet werden, diesen unterirdischen Teil überhaupt als Wurzel anzusehen, in Wirklichkeit ist es aber ein unterirdisches Stengelgebilde, ein sog. *Wurzelstock,* Grundachse, Erdstamm oder *Rhizom*. Dieses Rhizom kann kurz oder lang sein, und darnach unterscheidet man *horstbildende* (oder rasige) und *ausläufertreibende* (Kriechtriebe bildende) Gräser.

Bei den *horstbildenden* Gräsern (Fig. 29) wenden sich die Seitentriebe gleich oder doch bald nach oben, ihr unterirdischer Teil bleibt mehr

oder weniger kurz, und alle oberirdischen Teile stehen mehr oder weniger dicht beisammen, sie bilden einen Büschel, einen Horst, wie dies auch bei den einjährigen Gräsern der Fall ist. (Linné nannte solche Büschel „Rasen“, caespes).

Der Horst der mehrjährigen Gräser nimmt selbstverständlich alljährlich an Umfang zu, da immer neue Seitentriebe entstehen. Diese Seitentriebe können sich aber verschieden verhalten. Entweder wachsen sie *innerhalb der Scheiden* der unteren Halmblätter, in deren Achsel sie entsprossen sind, nach oben, dem Muttertriebe fest angedrückt (*intravaginale* Seitentriebe) oder sie *durchbrechen* die Scheide gleich an ihrer Basis, oft schon als Knospen (*extravaginale* Seitentriebe). Im ersteren Falle entsteht oft ein sehr *dichter ebener* Horst, z. B. beim Knaulgras, oder, wenn die untersten Glieder etwas verlängert sind, ein *lockerer ebener* Horst, wie beim englischen Raigras, Lolium perenne; im letzteren Falle meist ein lockerer Horst. Indes gibt es auch Fälle, wo die extravaginalen Seitentriebe einen *dichten*, aber *polsterförmigen* Horst bilden, wie z. B. beim wolligen Honiggras, Holcus lanatus, weil dort die Seitensprossen sich sofort über ihrer Ursprungsstelle in scharfem Winkel nach oben wenden und dazu noch einzelne Zwischenknotenstücke (Internodien) dieser aufrechten Triebe sich stark verlängern, so dafs der Gesamthorst aus *über*einander liegenden Teilhorsten besteht.

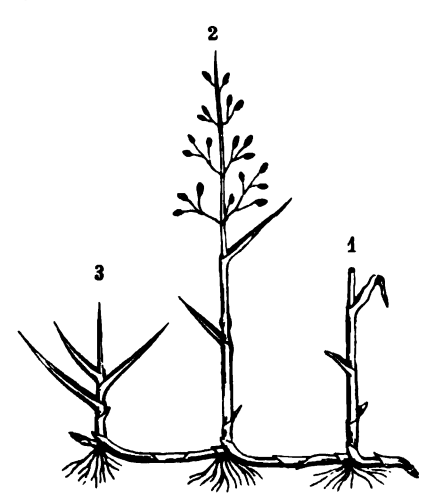


Fig. 30. Schematische Darstellung eines ausläuferbildenden Grases. *1* vorjähriger, *2* diesjähriger, *3* nächstjähriger blühender Halm. (Nach Stebler und Schröter.)

Bei den *Ausläufer* (Stolonen) oder Kriechtriebe bildenden Gräsern laufen die Seitentriebe erst eine Strecke weit horizontal *unter* der Erde (Quecke) oder *an* und *unter* der Erde (Fioringras, Wiesenrispengras) oder *oberirdisch* (gemeines Rispengras) hin, um dann erst sich nach oben zu wenden. Daher stehen die oberirdischen Teile der Pflanze mehr oder weniger weit auseinander (Fig. 30).

Fast selbstverständlich ist es, dafs solche horizontal dahinkriechenden Seitentriebe immer die Scheide ihres Mutterblattes durchbrechen müssen, also immer *extravaginal* sind.

Zur Bildung einer geschlossenen Grasnarbe mufs man stets beiderlei Arten von Gräsern verwenden, horstbildende und ausläufertreibende. Letztere füllen mit ihren Kriechtrieben alle die Lücken aus, welche sich zwischen

den einzelnen Horsten der ersteren finden; darum sind z. B. Fioringras und Wiesenrispengras, die reichlich Ausläufer treiben, im Verein mit dem horstbildenden englischen Raigras, dem Kammgras, dem Hartschwingel etc., so vorzüglich zur Bildung eines dichten Gartenrasens geeignet.

§ 44.

Übersicht über die Wuchsverhältnisse der Gräser.

I. *Horstbildende Gräser.*

a) Mit intravaginalen Seitentrieben.

Alle Getreidearten. Ferner: Trisetum (Avena) flavescens, Goldhafer (Triebe bald herausbrechend), Cynosurus cristatus, Kammgras, Dactylis glomerata, Knaulgras (Triebe ausläuferartig), Festuca pratensis, Wiesenschwingel, F. ovina, Schafschwingel, Lolium italicum, italienisches Raigras, L. perenne, englisches R. (auch kurze Ausläufer), Phleum pratense, Timotheegras (Triebe bald heraus brechend).

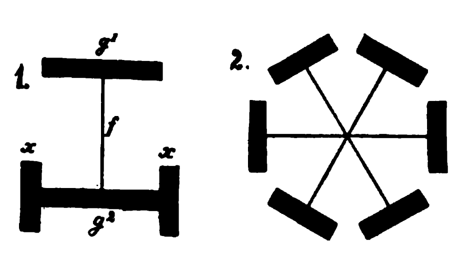


Fig. 31. *1.* Einseitig, *2.* mehrseitig biegungsfeste Konstruktion; *f* Füllung zwischen der Zuggurtung g^1 und der Druckgurtung xg^2x; letztere in Form eines I-Trägers, dessen Gurtungen $x\,x$, dessen Füllung g^2. (Nach Potonié.)

b) Mit extravaginalen Seitentrieben.

Anthoxanthum odoratum, Ruchgras (auch intravaginale), Arrhenatherum elatius, französisches Raigras, hoher Hafer, Bromus erectus, aufrechte Trespe, B. inermis, unbewehrte, grannenlose Trespe, Festuca rubra, Rotschwingel, Holcus lanatus, wolliges Honiggras.

II. *Ausläufertreibende Gräser.*

(Stets mit extravaginalen Seitentrieben, daneben mitunter auch intravaginale.)

Alopecurus pratensis, Wiesenfuchsschwanz (Ausläufer nur kurz), Agrostis stolonifera, Fioringras, Agrostis vulgaris, gemeines Straufsgras, Holcus mollis, weiches Honiggras, Phalaris arundinacea, Rohrglanzgras oder Havelmielitz, Poa pratensis, Wiesen-Rispengras, mit meist langen, unterirdischen Ausläufern und auch intravaginalen oberirdischen, Poa trivialis, gemeines Rispengras, mit langen, *ober*irdischen (auch intravaginalen) Ausläufern, Triticum repens, Quecke.

Nach Weber[1]) spielen auf den *Dauerweiden* in den Marschen Norddeutschlands die mit Kriechtrieben versehenen Pflanzen mit Ausnahme des Weifsklees eine recht untergeordnete Rolle. Aufser den oben angeführten Gräsern mit Ausläufern haben noch folgende von Weber daselbst beobachtete Pflanzen

[1]) Emmerling und Weber, Beiträge zur Kenntnis der Dauerweiden in den Marschen Norddeutschlands. Arbeiten der Deutschen Landw. Gesellschaft. Heft 61. Berlin 1901. S. 84.

Kriechtriebe (Ausläufer): Equisetum arvense, Acker-Schachtelhalm; E. palustre, Sumpf-Schachtelhalm; Carex hirta, rauhhaarige Segge; Juncus compressus, zu-

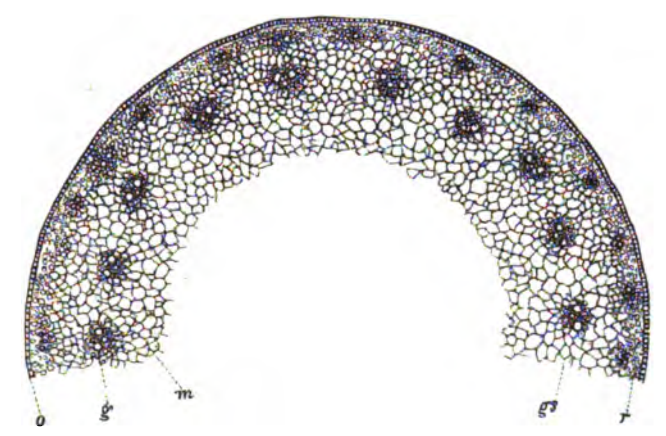


Fig. 32. Teil eines Querschnittes durch den Roggenhalm.
o **Oberhaut,** ***r*** **Ring von mechanischen, bastähnlichen Zellen,** ***g*** **Gefäfsbündel,** ***gs*** **Zellen der Gefäfsbündelscheide,** ***m*** **Markzellen.**
(Nach Nowacki.)

sammengedrückte Binse; Urtica dioica, zweihäusige grofse Brennnessel; Polygonum amphibium, ortwechselnder Knöterich; Vicia sepium, Zaunwicke; Lathyrus pratensis, Wiesen-Platterbse; Achillea Millefolium, Schafgarbe; Tussilago Farfara, Huflattich; Sonchus arvensis, Acker-Gänsedistel.

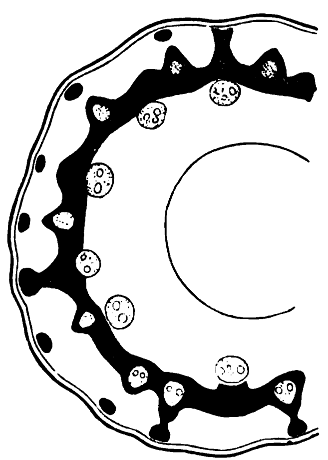


Fig. 33. Teil eines Querschnittes durch den Halm der unbegrannten Trespe, Bromus inermis.
Die dunklen Teile sind das mechanische System, die weifsen an der Peripherie das grüne Assimilationssystem.
(Nach Kienitz-Gerloff.)

§ 45.

Das mechanische Prinzip im Bau des Monokotyledonenstengels. Der Stengel der meisten Monokotyledonen ist im Innern mit weichem Gewebe erfüllt oder hohl; seine festen Teile, sein Skelett, liegen peripherisch, er stellt bei den meisten Gräsern eine *hohle Säule* dar. Den Querschnitt einer hohlen Säule kann man sich aber zusammengesetzt denken aus lauter I-Trägern (Fig. 31), und wie der Ingenieur die I-Träger bezw. die hohlen Säulen benutzt, um mit der gleichen Menge Material eine gröfsere Festigkeit zu erzielen, als bei massiver Anordnung, so auch die Natur im Bau des Monokotyledonenstengels, worauf Schwendener zuerst hingewiesen.

Nahe unter der Oberhaut liegt, im Querschnitt gesehen, bei dem Grashalm oft ein Ring von sog. mechanischen Zellen, die hier lange bastähnliche Fasern darstellen; dieser Ring wird der *Sklerenchym-* oder *Stereomring*[1]) genannt (Fig. 32.) Oft verbindet er sich mit der Oberhaut durch rippenähnliche Sklerenchymstränge (Fig. 33), zwischen denen dann grünes Gewebe liegt, welches der Assimilation, d. h. der Aufnahme der Kohlensäure dient. Ähnliche Sklerenchymstränge begleiten auch die *Gefäſsbündel* (die Nerven oder Adern), die von den Blättern in den Stengel eintreten. Diesem stark entwickelten Sklerenchym (Hartgewebe) verdankt der Halm der Gräser seine auſserordentliche *Biegungs*festigkeit. (Bei den Wurzeln, die mehr auf *Zug*festigkeit in Anspruch genommen werden, liegen die festen Teile in der Achse.)

Fig. 34. Links Halmstück des Hafers aus der Blattscheide *s* herausgezogen, *b* Blatt, *k* Blatt- oder Scheidenknoten, *h* Blatthäutchen, *sp* Blattspreite; 1 : 2. (Nach Nowacki.)

§ 46.

Die Blätter der Gräser stehen spiralig, d. h. abwechselnd, in zwei Zeilen, die um die Hälfte des Stengelumfanges voneinander liegen. Diese Blattstellung nennt man die $^1/_2$ Stellung (Sehr deutlich beim Knaulgras, beim Mais etc.). Bei den Schein- oder Sauergräsern stehen sie in 3 Zeilen, nach $^1/_3$ Stellung.

Während die vollkommensten Blätter, z. B. die der Doldengewächse drei Teile: Scheide, Stiel und Spreite haben, fällt bei den Laubblättern unserer Gräser der Stiel weg, dafür ist die *Scheide* aber sehr stark entwickelt. Bei den sog. Niederblättern, die als Schuppen an den unterirdischen Stengeln auftreten, ist die Scheide allein vorhanden, ebenso ist es bei den Hochblättern, d. h. den Spelzen, die Spreite ist bei letzteren aber oft zu einem borstenförmigen Anhängsel, der Granne, umgewandelt.

Die Blattscheide (Fig. 34) umschliefst den Halm röhrenförmig und schützt ihn; meist ist sie der Länge nach *offen*, während sie bei den Sauergräsern (Cyperaceae) geschlossen ist; doch gibt es auch manche Süſsgräser, die *geschlossene* oder wenigstens anfangs geschlossene Blattscheiden haben, und dies ist ein *wichtiges* Erkennungszeichen. Man muſs aber *jüngere* Seitentriebe untersuchen.

Geschlossene oder wenigstens *bis etwa zur Mitte geschlossene* Blattscheiden besitzen: Avena pubescens (weichhaariger Hafer), Briza media (Zitter-

[1]) σκληρός trocken, hart, στερέωμα das Festgemachte.

gras), Bromus (Trespe, alle unsere Arten), Dactylis glomerata (Knaulgras), Glyceria (Süfsgras, alle Arten), Lolium italicum und perenne (italienisches und englisches Raigras), Melica (Perlgras, alle Arten), Poa alpina, pratensis, trivialis und wohl alle Arten Poa (Rispengras) an den Seitentrieben, Sesleria coerulea (blaue Seslerie).

Auch die *Behaarung* der *Blattscheiden* kann mitunter gute Merkmale geben. Zottig behaart sind sie bei: Trisetum (Avena) flavescens (Goldhafer), A. pubescens (weichhaariger Hafer), Brachypodium (Zwenke, beide Arten), den Trespen Bromus mollis, racemosus und einigen andern, Holcus lanatus (Honiggras), Koeleria cristata (kammförmige Koelerie), Melica ciliata (gewimpertes Perlgras); meist sind dann auch die Blätter behaart.

An der Grenze zwischen Scheide und Spreite erhebt sich eine meist weifsliche, häutige Fortsetzung der Scheide, das *Blatthäutchen* oder die *Ligula* (Fig. 34 *h*). Auch dieses ist ein wichtiges Erkennungszeichen; bei den meisten Gräsern ist es kurz; *lang*, d. h. länger als breit, aber bei folgenden:

Lange Blatthäutchen besitzen: Agrostis alba, weifses Straufsgras, Fioringras und A. canina, Hunde-Straufsgras; Aira, Schmele oder Schmiele (alle Arten),

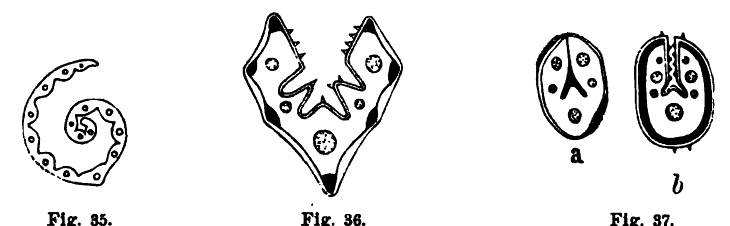


Fig. 35. Fig. 36. Fig. 37.

Fig. 35 bis 37. Blattquerschnitte: 35 Lolium italicum, 36 Festuca rubra, 37 F. ovina, *a* jung, *b* ausgewachsen. 35 gerollt, 36 bis 37 gefaltet. (Nach Stebler und Schröter.)

Avena pratensis, Wiesenhafer und A. pubescens, weichhaariger Hafer; Brachypodium, Zwenke (beide Arten); Calamagrostis, Landrohr (alle Arten aufser C. arundinacea); Dactylis glomerata, Knaulgras; Glyceria fluitans, flutendes Süfsgras, Mannaschwaden; Milium effusum, gemeines Flattergras; Phalaris arundinacea, Phleum pratense (d. oberen), Poa trivialis, serotina und annua. — Bei Glyceria spectabilis, echtes Mielitzgras, endigt das sehr breite, abgerundete Blatthäutchen in eine Grannenspitze (Unterschied von Phalaris arundinacea, Rohr-Glanzgras.

Die Spreite der Laubblätter ist meist lineal, d. h. schmal und fast überall gleich breit, in der Knospenlage meist gerollt (wie man ein Blatt Papier zusammenrollt, Fig. 35). *Gefaltet,* d. h. zusammengeklappt wie ein Buch (Fig. 36, 37) ist sie nur bei folgenden (man untersuche jüngere Triebe):

Gefaltete Blätter besitzen: Agrostis canina, Hunde-Straufsgras; Aira, Schmiele (alle Arten); Avena pratensis und pubescens, Wiesen- und weichhaariger Hafer; Bromus erectus, aufrechte Trespe; Cynosurus cristatus, Kammgras;

Dactylis glomerata, Knaulgras; Festuca ovina, Schafschwingel, heterophylla und rubra; Glyceria, Süfsgras oder Schwaden (alle Arten); Lolium perenne, englisches Raigras; Nardus stricta, steifes Borstengras; Poa, Rispengras (alle Arten); Sieglingia (Triodia) decumbens, niederliegender Dreizahn etc.

Auf der unteren oder beiden Seiten des Blattes wie auf allen grünen Teilen befinden sich Spaltöffnungen (Fig. 38) zur *Atmung* und *Assimilation*, d. h. zur Aufnahme der Kohlensäure. Die Atmung erfolgt bei den Pflanzen gerade wie bei Menschen und Tieren Tag und Nacht, die Pflanzen atmen auch gerade wie Menschen und Tiere Sauerstoff ein und Kohlensäure aus. Dafs man die Ausatmung der Kohlensäure bei den Pflanzen am Tage

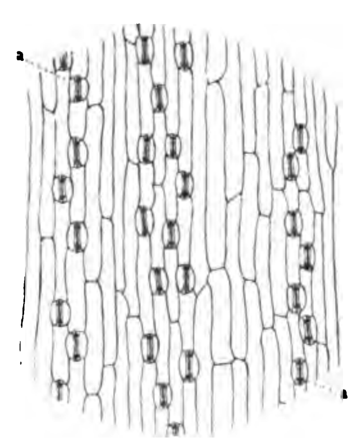


Fig. 38. Oberhaut der Oberseite des Haferblattes mit Spaltöffnungen *aa*, zwischen den Blattnerven in parallelen Reihen angeordnet; 70 : 1. (Nach Nowacki.)

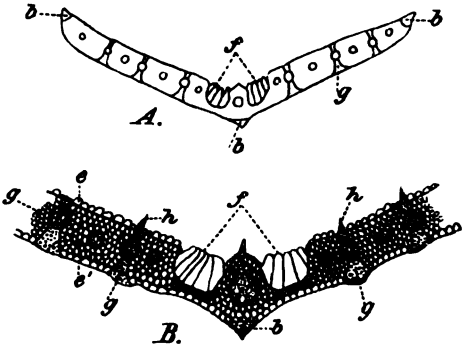


Fig. 39. Poa pratensis. *A* Querschnitt durch ein noch nicht ganz flaches Blatt, schwach vergröfsert, schematisch. *B* Mittlerer Teil von *A* stärker vergröfsert; *b* Bastbelege an den Kanten, *e* Oberhaut der Oberseite, *e'* Oberhaut der Unterseite, *f* Fächer- oder Gelenkzellen, die das Zusammenfalten der Spreite veranlassen, wenn sie ihr Wasser verlieren, *g* Gefäfsbündel (Nerven) mit Bastbelegen, besonders an der Unterseite, *h* Haare auf den Nerven.

nicht spürt, kommt daher, dafs bei Tage ein anderer Prozefs, die Assimilation, die Aufnahme und Zerlegung der Kohlensäure nebenhergeht. Die Pflanzen nehmen nämlich am Tage mit den Spaltöffnungen reichlich Kohlensäure aus der Luft auf. Diese wird in den grünen (chlorophyllhaltigen) Zellen zerlegt und der Sauerstoff wieder ausgeschieden. Daher verbessern grüne Pflanzen bei Tage die Luft. Der bei der Assimilation in den Chlorophyllkörnern zurückgebliebene Kohlenstoff verbindet sich mit Wasser zu Kohlehydraten z. B. Stärke etc., und diese Stärke wandert in der Nacht in Gestalt von Zucker etc. aus den Blättern in den Stengel und weiter nach den Vegetationsspitzen, um hier als Baustoff für neue Zellen zu dienen, oder nach den sogen. Speicherorganen (Kartoffelknollen, Samen etc.) um als Reservenahrung dort abgelagert zu werden. Die

Oberhautzellen der Blätter wie die des Halmes sind oft stark verkieselt. Manche Blätter haben in der Epidermis der Oberseite zwischen den Nerven sog. Fächerzellen (Fig. 39), welche sich mit Wasser füllen und die Ausbreitung der Spreite mit bedingen. Verlieren diese Zellen ihr Wasser, so rollen sich die Blätter ein oder falten sich zusammen, um sich gegen zu starke Verdunstung zu schützen; so viele Steppengräser, auch manche unserer Gräser.

§ 47.

Die Blüten. Alle Blüten der höheren Pflanzen kann man als *Sprosse*, d. h. beblätterte Stengel oder beblätterte Achsen auffassen. Man mufs sich nur

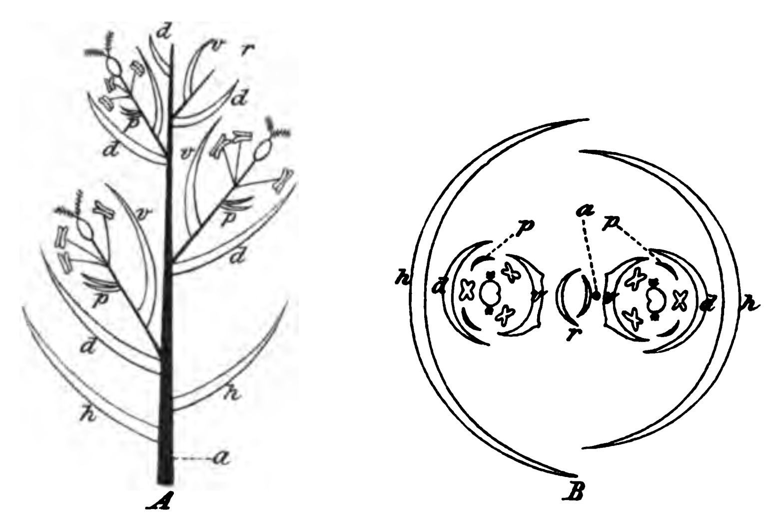


Fig. 40. *A* Schematischer Aufrifs eines 3 blütigen Grasährchens. *B* Grundrifs eines 2 blütigen Haferährchens; *h* 2 Hüllspelzen, *d* Deckspelzen, *v* Vorspelzen, *p* die 2 Schüppchen, *r* rudimentäre Blüte, *a* Achse des Ährchens.

die durch die Blüte gehende Längsachse mehr gestreckt denken, dann tritt deutlich hervor, dafs die Kelchblätter den ersten Quirl, die Blumenblätter den zweiten, die Staubgefäfse den dritten (oft auch einen vierten), die Fruchtblätter den obersten Quirl bilden.

Stehen die Blüten seitlich (Fig. 40), so gelten für sie dieselben Regeln wie für Laubzweige, denn sie sind ja nur veränderte Zweige. Ein Zweig (oder im Jugendzustand eine Knospe) steht normalerweise immer im Winkel eines Laubblattes, ähnlich auch die Blüten; das Blatt, in dessen Achsel eine Blüte steht, ist aber gewöhnlich kleiner als die Laubblätter und wird *Deckblatt*, bei den Gräsern *Deckspelze*, *äufsere* oder *untere Spelze* (palea inferior) genannt (Fig. 40, *d*). Diese Spelze steht also *vor* der Blüte. Bei den Blüten der Dikotyledonen stehen am Stiele der Blüte oder, wenn dieser fehlt, an ihrer Basis noch zwei kleine Blättchen, links und rechts, die *Vorblätter* (sehr deutlich beim

Jelängerjelieber, beim Eisenhut), bei den Monokotyledonen nur *eins* und zwar nach hinten; dies heifst bei den Gräsern die *Vorspelze, innere* oder *obere Spelze* (palea superior) (Fig. 40, *v*). — Bei vielen Blüten fehlen Deck- und Vorblätter, theoretisch mufs man sie aber immer annehmen, und bei den Gräsern sind sie verhältnismäfsig grofs, denn die Spelzen fallen viel mehr in die Augen, als die Blüten selbst.

Die Spelzen sind aufzufassen als Laubblätter, die nur ihren untersten, *scheidenartigen* Teil entwickelt haben; ist eine Granne vorhanden, so ist diese als Mittelnerv der fehlenden Blattspreite anzusehen. Vergl. S. 248.

Die *Gesamtblütenstände* der Gräser sind entweder *Ähren, Trauben, Rispen* oder *ährenförmige Rispen,* welch letztere auch *Scheinähren* genannt werden. Eine *Ähre* entsteht, wenn der Halm an seiner Spitze der Länge nach *ganz* kurze, kaum sichtbare Zweige ausbildet, welche Ährchen (§ 48) tragen; eine *Traube,* wenn die Zweige etwas länger, eine *Rispe,* wenn die Zweige wieder verzweigt, eine *Scheinähre,* wenn die Rispenäste mehr oder weniger der Längsachse angewachsen sind (Thimothee, Fuchsschwanz). Trauben kommen bei den Gräsern selten vor.

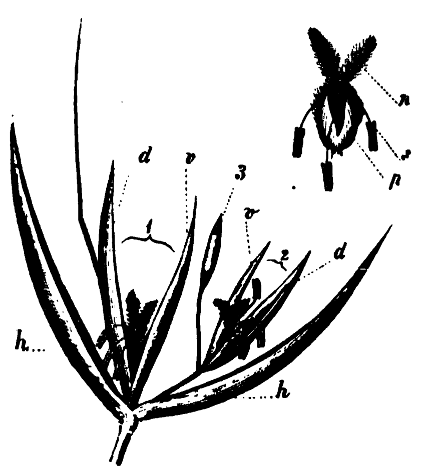


Fig. 41. Haferährchen; *hh* Hüllspelzen, *1—3* erste bis dritte Blüte, *dd* Deck- oder äufsere Spelzen, *vv* Vor- oder innere Spelzen. Oben rechts Haferblüte; *p* die 2 Schüppchen, *n* die 2 Narben, *s* die 3 Staubgefäfse.

§ 48.

Teile des Grasährchens. Die letzten Verzweigungen des Blütenstandes tragen die *Ährchen.* Ein *Ährchen* kann 1- oder mehrblütig sein, theoretisch ist es in allen Fällen wiederum ein Zweig, an dessen aus kurzen Gliedern zusammengesetzter Längsachse zweizeilig angeordnete abwechselnde Blättchen, die oben erwähnten *Spelzen,* stehen, gerade so, wie am Halme die Blätter. Die untersten 2 (bei Hirse etc. 3—4) dieser Spelzen (*hh* Fig. 40 und 41) entwickeln in ihrer Achsel keine Blüte und heifsen *Hüllspelzen,* Klappen, Balg oder glumae. Beim Raigras ist nur eine Hüllspelze vorhanden, ausgenommen das Ährchen an der Spitze; beim Borstengras sind beide verkümmert. — Ist das Ährchen 1 blütig, so folgt auf die Hüllspelzen nur eine fruchtbare Spelze, die Deckspelze (palea inferior), ist es mehrblütig, so folgen abwechselnd links und rechts mehrere Deckspelzen. Jede Deckspelze entwickelt in ihrer Achsel ein *sehr* kurzes, oft

kaum sichtbares Zweiglein, den Blütenstiel, welcher ganz unten auf der inneren Seite, der Deckspelze gegenüber, eine zartere Spelze, das Vorblatt, die Vorspelze, *innere* oder *obere Spelze*, palea superior (*v*), und an seiner Spitze eine Blüte trägt.

Die *Hüll*spelzen (*hh*) sind den Deckspelzen oft sehr ähnlich, bald grofs und das ganze Ährchen einhüllend, z. B. beim Hafer, Honiggras, Fuchsschwanz, bald klein, wie beim Roggen, oft ungleich lang, meist unbegrannt.

Die *Deck*spelzen (*dd* Fig. 40 und 41) sind in der Form verschieden, meist lanzettlich, mit einem Hauptnerv in der Mittellinie und oft begrannt. Aus dem Vorhergesagten folgt, dafs, so viel Deckspelzen ein Ährchen trägt, so viel Blüten gewöhnlich vorhanden sind.

Die der Deckspelze gegenüber liegende *Vorspelze* ist meist dünnhäutig, durch den Druck der Achse gewöhnlich eingebuchtet, zweikielig und hat 2 Nerven (*vv* Fig. 40 *B*).

Als eine zweite Vorspelze des kleinen, theoretisch anzunehmenden Zweiges, welcher die Blüte trägt, sieht man die 2 Schüppchen (Fig. 40 und 41, *p*) an, welche dem Vorblatt gegenüber, also oberhalb der Deckspelze stehen. Man denkt sich diese als 2 Hälften eines Blattes; andere sehen sie als 2 rudimentäre Blumenblätter an. Das dritte Blumenblatt wäre dann das beim Federgrase (Stipa) vorkommende hintere dritte Schüppchen.

Die Blüte der Gräser selbst (Fig. 40 und 41) besteht, wenn man nicht die 2 Schüppchen (lodiculae) als Blumenblätter ansehen will, nur aus den Geschlechtsorganen: Staubgefäfsen und Fruchtknoten (Stempel). Gewöhnlich sind *3 Staubgefäfse* (Fig. 40 *B*) vorhanden, von denen eins über der Deckspelze, die beiden andern seitlich stehen. Diese 3 entsprechen dem äufseren Staubblattkreise der Liliaceae; beim Reis und bei gewissen Arten von Bambus sind 6 Staubgefäfse vorhanden. Hier ist also auch der innere Staubblattkreis der Liliaceae entwickelt.

Der Fruchtknoten ist aus einem einzigen Fruchtblatt gebildet, er enthält nur eine Samenanlage und trägt an seiner Spitze meist 2, gewöhnlich sitzende Narben, beim Bambus 2—3.

Die Narben sind mit meist langen, oft verzweigten Haaren (Papillen) besetzt. Sind diese, was gewöhnlich der Fall, in einer oder zwei Längsreihen angeordnet, so heifst die Narbe *federförmig;* solche Narben treten gewöhnlich seitlich, zwischen Deck- und Vorspelze, hervor. Stehen die Papillen nach allen Richtungen ab (nach Art einer Flaschenbürste oder eines Zylinderputzers, Ascherson und Graebner), so nennt man die Narbe *sprengwedelförmig* (Hirse). Eine sehr verlängerte sprengwedelförmige Narbe mit kurzen Papillen heifst *fadenförmig* (Ruchgras). Die beiden letzteren treten gewöhnlich an der Spitze der sich wenig öffnenden Spelzen hervor (Ruchgras, Fuchsschwanz, Borstengras).

Die meisten Gräser sind *Zwitter*, d. h. in einer Blüte stehen sowohl männliche Geschlechtsorgane (Staubgefäfse) wie weibliche (Fruchtknoten); mitunter aber verkümmert der Fruchtknoten, dann heifst die Blüte männlich. Beim Mais stehen die männlichen Blüten in Rispen an der Spitze des Halms, die weiblichen bilden Kolben in den Blattachseln.

§ 49.

Aufblühen, Bestäubung und Befruchtung. Bei den Rispengräsern beginnt das Aufblühen an den obersten Ährchen, bei Ährengräsern etwas über der Mitte, im einzelnen Ährchen aber immer von unten nach oben. Zur

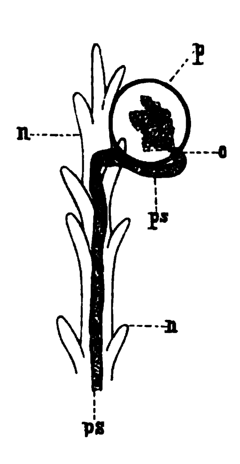


Fig. 42. Stück von der Narbe des Weizens mit einem Pollenkorn *p*; *o* Öffnung desselben, durch die der Pollenschlauch herausgetreten, *n* Narbenpapillen, Narbenhaare. 200 : 1. (Nach Nowacki.)

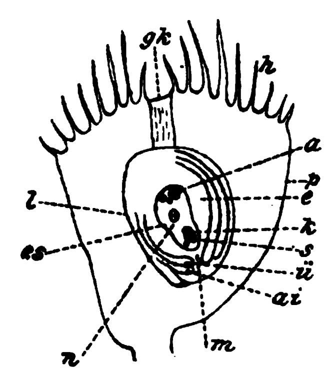


Fig. 43. Längsdurchschnitt durch den unbefruchteten Fruchtknoten des Weizens; *p* Fruchtknotenwand, *e* Ei, angewachsen bei *l*, *es* Embryosack, *k* Keimbläschen, *s* Gehülfinnen, *a* Antipoden, *n* Kern des Embryosacks, *gk* Griffelkanal (Weg für den Pollenschlauch), *ai* äufseres, *ii* inneres Integument, Schalen des Eies, *m* Mikropyle, Keimmund, *h* Haare. 36 : 1. (Schematisch.)

Zeit, wo die Blüten sich öffnen wollen, schwellen die 2 kleinen ***Schüppchen***, welche innerhalb der Deckspelze stehen (*p* Fig. 40 und 41), meist sehr an und drücken die Spelze nach aufsen, wodurch das Öffnen erfolgt. Gräser, welche schwach entwickelte Schüppchen haben, öffnen sich wenig oder gar nicht (Gerste). Bei Anthoxanthum, Alopecurus, Mibora (Chamagrostis), Nardus und einigen ausländischen fehlen die Lodiculae ganz. Bei diesen bleiben die Spelzen an den Seiten vollkommen geschlossen und lassen die Staubgefäfse und Narben nur an der Spitze hervortreten. Die Staubfäden der Gräser sind vor der Blütezeit sehr kurz, strecken sich aber beim Aufblühen aufserordentlich; die Staubbeutel treten dadurch hervor, und da sie nicht an der Basis, sondern unterhalb der Mitte befestigt sind, kippen sie leicht über. Sie haben 2 Fächer, die sich meist von oben nach unten in einer Längsspalte öffnen und aus denen der Blütenstaub (Pollen) dann herausfällt. Der Blütenstaub besteht aus sehr kleinen, glatten

Kügelchen. Bei den meisten Gräsern treten die Staubbeutel früher hervor als die Narben (die Blüte ist proterandrisch) und ihr Blütenstaub fällt daher meist auf die Narben anderer Blüten, beim Fuchsschwanz und Ruchgras aber, auch bei Pennisetum etc., treten die Narben eher hervor (protogynisch). Es findet daher, trotzdem die Gräser meist Zwitter sind, eine Selbstbestäubung doch selten statt, ausgenommen z. T. bei Gerste und Weizen.

Da die Gräser keine schön gefärbten Blütenhüllen, keine „Blumen" haben, so werden die Insekten durch sie nicht angelockt; die Verbreitung des Blütenstaubes erfolgt nur durch den Wind. Die Gräser sind *Windblüher*. Der Blütenstaub, der auf die Narben gefallen ist, treibt Schläuche (Pollenschläuche), welche in die Samenanlage des Fruchtknotens eindringen (Fig. 42 und 44).

Die *Samen*anlage, auch Ei genannt, hat zwei Hüllen oder Schalen (Integumente), welche am unteren Ende eine Öffnung, den Keimmund (Mikropyle), lassen. Im Innern der Samenanlage (Fig. 43) ist eine grofse Zelle, der Embryosack, welcher u. a. das sog. Keimbläschen, auch Eizelle genannt, (und daneben 2 kleine Bläschen, die sog. Gehülfinnen) enthält. Der Pollenschlauch dringt bis hierhin vor und der eine seiner beiden Kerne verschmilzt dann mit dem Kern des Keimbläschens; damit ist die eigentliche Befruchtung vollzogen. Das Keimbläschen teilt sich alsdann durch mehrere Scheidewände, wird durch wiederholte Teilung in verschiedener Richtung und durch Streckung immer gröfser und bildet schliefslich den *Embryo* oder Keim. In dem übrigen Raum des sich rasch vergröfsernden Embryosackes entsteht dann das Endosperm, d. h. das Nährgewebe oder der Mehlkörper, welcher sich so vermehrt, dafs der Keim schliefslich an die untere äufsere Wand des Kornes gedrängt wird (vergl. Fig. 23 auf S. 240). — Nach den neuesten Untersuchungen erfolgt die Bildung des Endosperms erst, nachdem der zweite Kern des Pollenschlauchs sich mit dem sog. sekundären, vegetativen Kern des Embryosackes *n* (Fig. 43) verbunden hat. Es findet also eine Doppelbefruchtung statt. Der sexuelle Kern des Pollenschlauchs befruchtet den sexuellen Kern des Keimbläschens, der vegetative den vegetativen des Embryosackes. Dies erklärt, warum z. B. bei Kreuzungen zwischen weifsem und blauem Mais schon in dem Jahre der Kreuzung die Körner eines Kolbens teils blau, teils weifs werden. — Die Antipoden *a* (Fig. 43) sind ohne Bedeutung.

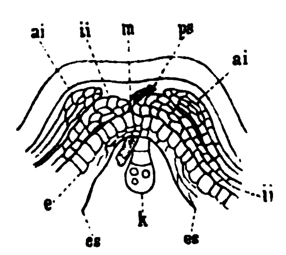


Fig. 44. Der Teil bei *k* von Fig. 43 stärker vergröfsert, *nach* der Befruchtung, *k* das zum Embryo heranwachsende Keimbläschen, *ps* Pollenschlauch; 300 : 1. (Nach Nowacki.)

§ 50.

Dauer der Gräser. Die meisten Gräser dauern mehrere Jahre aus, eine Anzahl derselben aber ist einjährig. Zu letzteren gehören die Getreidearten und einige wild wachsende Gräser, die meist als Unkräuter anzusehen sind.

Die ausdauernden Gräser verhalten sich hinsichtlich ihrer Dauer auch sehr verschieden. So geht das englische Raigras, Lolium perenne, schon nach 2—3, selten 4—6 Jahren ein und gibt in den letzten Jahren nur wenig Ertrag; andere, wie Phleum pratense, das Timothee, leben länger, nehmen aber langsam im Ertrage ab, noch andere, wie Festuca pratensis, Wiesenschwingel, bleiben sich viele Jahre im Ertrage gleich, noch andere nehmen im Laufe der Jahre sehr zu, so Poa pratensis, das viele Jahre aushält.

Auf der Wiese herrscht ein steter Kampf ums Dasein, und wenn von ihren Kräutern die einen früher eingehen, so ist es eben zum Teil, weil sie diesen Kampf weniger gut bestehen können. Allein gesät, würden sie wohl länger aushalten, auf der Wiese werden sie aber durch andere, denen vielleicht die Bodenverhältnisse mehr zusagen, verdrängt. In nassen Zeiten entwickeln sich die Gräser besser, in trockenen Jahren die übrigen Kräuter.

§ 51.

Ansprüche an Boden, Wasser und Dünger. Die meisten Gräser lieben einen frischen, feuchten Boden, nur wenige Arten leben auch auf trockenem, z. B. Schafschwingel; andere dagegen wachsen selbst im Wasser. Humoser, sandiger Lehm sagt den meisten am besten zu, einige lieben reinen Sand, andere mehr Kalk. (Näheres im speziellen Teil.)

a) *Wasserliebend* (hygrophil) sind: Flutender Schwaden, Wasserschwaden, Rohrglanzgras, Wiesenschwingel, Wiesenfuchsschwanz, Knaulgras, Fioringras, gemeines Straufsgras, wolliges Honiggras, Lieschgras (Timothee), Goldhafer, mittleres Zittergras, gemeines und spätes Rispengras, Rasenschmiele, italienisches Raigras.

b) *Wasserfliehend* (xerophil) sind: Aufrechte Trespe, gekämmte Koelerie, graue Schmiele, Boehmers Lieschgras, Schafschwingel, knolliges Rispengras, gebogene Schmiele, blaue Sesleria etc.

c) Mehr oder weniger *indifferent* sind: Geruchgras, weichhaariger Hafer, englisches Raigras, Rotschwingel, verschiedenblätteriger Schwingel, französisches Raigras, Wiesen-Rispengras, Quecke, oft auch das oben unter a) genannte Knaulgras.

Die Feuchtigkeit liebenden Gräser, überhaupt die meisten sog. hygrophilen Pflanzen, sowie die indifferenten, sind meist für Dünger sehr dankbar, ganz besonders verträgt das italienische Raigras die gröfsten Düngermengen und wird deshalb so viel auf städtischen Rieselfeldern, die mit Spüljauche berieselt werden, gebaut. — Die wasserfliehenden, also die Trockenheit liebenden, sog. xerophilen Gräser fliehen meist auch den Dünger.

Nach Stebler und Schröter, „Die Alpen-Futterpflanzen“, sind düngerfürchtend, d. h. werden durch Düngung direkt geschädigt: Blaue Sesleria,

Borstengras, aufrechte Trespe, liegender Dreizahn, Michelis Lieschgras. — Dünger*fliehend,* d. h. an gedüngten Plätzen sich nicht stärker entwickelnd als an ungedüngten und deshalb von andern Pflanzen verdrängt: Mittleres Zittergras, gefiederte Zwenke, violettes Rispengras, Alpenstraufsgras, violetter Schwingel und verschiedene andere alpine, meist an trockenen Stellen wachsende Gräser. Die meisten guten Gräser sind dünger*liebend,* einzelne, wie das einjährige Rispengras und das Alpen-Rispengras, sogar dünger*fordernd,* d. h. sie finden sich nur an gedüngten Plätzen.

Weber (Arb. d. D. L.-G. Hft. 61, S. 84) fand, dafs auf den Dauerweiden der Marschen Norddeutschlands alle Gewächse zu den Mesophyten, d. h. zu denen gehören, die eine mittlere Feuchtigkeit lieben; aber gerade die Arten, welche nach Zahl der Individuen vorherrschen, sind solche, die vermöge ihrer Organisation verhältnismäfsig trockene Standorte verlangen, oder doch vermöge der Anschmiegsamkeit ihres Organismus zu ertragen vermögen. Namentlich gilt dies von dem so stark vorherrschenden englischen Raigrase, das im Mittel der vom Weidevieh bevorzugten Stellen 72 % einnimmt (Weifsklee als nächster 13 % der Fläche). Das Fehlen der Spaltöffnungen auf der Unterseite, ihre Lage an den Flanken der Riefen der Oberseite, ihre leichte Verschliefsbarkeit und das Zusammenfalten des Blattes bei Wassermangel, endlich die meist 45 cm tief reichenden Wurzeln befähigen es dazu, auch an trockenen Stellen zu gedeihen.

§ 52.

Wuchs, Ober- und Untergräser. Viele Gräser haben einen hohen, reich beblätterten Stengel, solche heifsen „*Obergräser*"; andere dagegen entwickeln wenig Blätter an den Halmen, wenigstens an den blühenden, und dafür mehr Blätter an den Seitentrieben, solche heifsen „*Untergräser*"; manche kann man sowohl als Ober- wie als Untergräser bezeichnen. Bei der Zusammenstellung von Grasmischungen ist es wichtig, beide Arten zu nehmen, die Obergräser geben im ersten, die Untergräser im zweiten Schnitt den Hauptertrag.

Kapitel V.

Systematik der Gräser und Verwandten.

Reihe oder Ordnung Glumiflorae, Spelzblütige.[1])

Blätter meist schmal, parallelnervig. Blüten klein, meist in den Achseln spelzenartig ausgebildeter Deckblätter. Blütenblätter (Perigon) fehlend oder verändert, unterständig. Frucht nicht aufspringend, einsamig, Keimling gerade.

1. Fam. Gramineae (Gramina), Gräser (Echte oder Süfsgräser).

Wichtigste Merkmale. Blüten meist zwitterig, ohne Blütenhülle (d. i. ohne Blütenblätter), in der Achsel spelzenartiger, sie verhüllender Deckblätter (Deckspelzen), einzeln oder zu mehrblütigen Ährchen verbunden, mit *einem der Deckspelze gegenüberstehenden, meist zweikieligen Vorblatt* (Vorspelze), einem über der Deckspelze stehenden, meist bis zum Grunde 2teiligen, sehr kleinen, gewöhnlich saftreichen zweiten Vorblatt (die beiden vorderen Schüppchen, lodiculae, auch als Blütenblätter angesehen) (Fig. 45, 40 u. 41). Mitunter ist noch ein 3. Vorblatt entwickelt, das dann wieder hinten über dem 1. steht (so bei Stipa). Staubgefäfse meist 3. Fruchtknoten aus einem einzigen, zusammengefalteten, hinten an der Verwachsungsstelle oft eine Furche bildenden Fruchtblatt, mit 1 Samenanlage. Narben meist 2. Frucht nicht aufspringend, sondern geschlossen bleibend, eine Schliefsfrucht, bei welcher meist Frucht und Samenschale verwachsen (Ausnahme d. ausländischen Zizaniopsis u. Eleusine). Eine derartige Schliefsfrucht heifst Korn oder Karyopse. Sie ist mit grofsem, stärkereichem Nährgewebe (Mehlkörper) versehen, dessen *Vorderseite und Basis der nur von der Kornschale bedeckte Keim aufsen* anliegt. Keim meist klein und gerade,

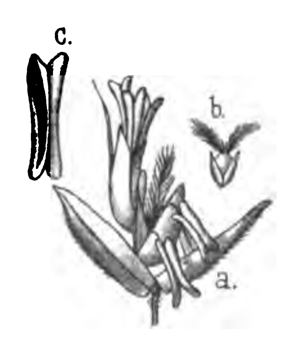


Fig. 45. Holcus lanatus. *a* Ährchen, die obere männliche Blüte mit einer in der Jugend noch nicht hakenförmigen Granne; *b* Fruchtknoten, davor die 2 Schüppchen; *c* Staubbeutel, längs aufgesprungen.

[1]) Vergl. S. 175 und 181.

mit schildförmigem Keimblatt, in dessen vorderer Aushöhlung oder Rinne das mit mehreren Blattanlagen versehene Knöspchen und die von einem Hüllgewebe umgebenen Würzelchen liegen. (Vergl. Fig. 23 u. 24, S. 240 u. 241.)

Kräuter, selten Sträucher oder Bäume, mit knotig gegliederten Stengeln (Halmen), abwechselnden zweizeiligen Blättern mit meist offenen Blattscheiden, die Ährchen meist am Grunde von leeren spelzenartigen Hüllblättern umgeben (Hüllspelzen, Klappen), in rispen- oder ährenartige Blütenstände vereinigt.

§ 53.

Einteilung der Gräser. Man hat früher die Gräser einfach nach der Zahl der Hüllspelzen eingeteilt, und da Ascherson und Gräbner diese Einteilung in ihrer trefflichen „Flora des nordostdeutschen Flachlandes", 1898/99, sowie in ihrem noch gröfseren Werk „Synopsis der Mitteleuropäischen Flora" wieder angenommen haben, wollen wir diese voranstellen, im übrigen aber der Einteilung von Hackel in dem grofsen Werk von Engler und Prantl, „Natürliche Pflanzenfamilien", die sich auch in Engler's Syllabus der natürlichen Pflanzenfamilien (2. Ausgabe 1898) findet, folgen. Beide Einteilungen lassen sich ganz gut verbinden.

	Unterfamilie:
Hüllspelzen mehr als 2, Ährchen meist 1blütig	I. Panicoídeae umfafst unsere Gruppen 1—5.
Hüllspelzen 2 (bei Lolium 1, bei Nardus 0), Ährchen 1- oder mehrblütig	II. Poaeoídeae umfafst unsere Gruppen 6—11.

Einteilung nach Hackel.

A. *Ährchen 1 blütig,* ohne Achsenverlängerung, d. h. ohne kurzes seitliches Stielchen über der Blüte, also ohne Andeutung einer 2. Blüte; selten 2blütig und dann die untere Blüte unvollkommen. Ährchen bei der Reife als Ganzes vom Stiele oder samt gewissen Gliedern der Ährenspindel abfallend.

a) *Ährchen vom Rücken* her zusammengedrückt oder stielrundlich. (Die Körner können auf dem Rücken liegen.) Nabel meist punktförmig. Hüllspelzen meist 3.

α) *Deckspelze und Vorspelze* (letztere oft fehlend) *zarthäutig.* Hüllspelzen derbhäutig, die unterste am gröfsten.

Gruppe 1. *Maýdeae.* ♂, ♀. Ährchen in getrennten Blütenständen oder in getrennten Teilen desselben Blütenstandes.

Gruppe 2. *Andropogóneae.* Ährchen ☿ oder ♂ und ☿, in demselben Blütenstande so gemischt, dafs ein ♂ neben einem ☿ steht.

β) *Deck- und Vorspelze meist knorpelig,* Hüllspelzen zarter, die unterste meist klein.

Gruppe 3. *Paníceae.* Hirsegräser.

b) *Ährchen von der Seite zusammengedrückt* (die Körner können deshalb nicht auf dem Rücken liegen). Nabel lineal.

Gruppe 4. *Orýzeae.* Reisgräser.

B. Ährchen *1- bis vielblütig*, die *1 blütigen oft mit Achsenfortsatz* (Stielchen) über der Blüte (als Andeutung einer 2. Blüte), ihre Spindel meist oberhalb der Hüllspelzen gegliedert, sodafs die Hüllspelzen beim Ausfallen der reifen bespelzten Körner *stehen bleiben* (Ausnahmen u. a: Alopecurus, Fuchsschwanz und Holcus, Honiggras, wo das Ährchen als Ganzes abfällt). — Wenn 2- oder mehrblütig, dann immer mit deutlichen Internodien (Stielchen der nächsten Bl) zwischen den Blüten.



Fig. 46. Roggenähre im Aufblühen begriffen. Beginn i. d. Mitte, nach oben u. unten vorschreitend.

a) *Ährchen 1 blütig.*

Gruppe 5. *Phalarideae.* Ährchen gestielt, in Rispen oder Ährenrispen, 1 blütig, mit 4 Hüllspelzen, die zwei inneren oft sehr klein. Vorspelze 1 nervig.

Gruppe 6. *Agrósteae*, wie vorige, aber nur mit 2 Hüllspelzen, diese so lang oder meist länger als die Deckspelze.

b) *Ährchen meist 2- bis mehrblütig*, Hüllspelzen 2.

Gruppe 7. *Avéneae.* Ährchen gestielt, in Rispen. Hüllspelzen länger als die nächste Deckspelze. Granne, wenn vorhanden, auf dem Rücken oder an der Basis, meist gekniet.

(Gruppe 8. *Chlorideae.* Ährchen in 2 einander genäherten Reihen sitzend. Eleusine Coracana, Afrika, Ostindien, zur Bierbereitung in Ostafrika.)

Gruppe 9. *Festúceae.* Ährchen gestielt, in Rispen oder Trauben. Deckspelzen länger als die Hüllspelzen, unbegrannt oder aus der Spitze (selten, z. B. Bromus, unter der Spitze) begrannt, Granne nie gekniet. Selten 1 blütig.

Gruppe 10. *Hordéeae.* Ährchen in *Einsenkungen der Spindel*, in einer sog. *Ähre*, fast stets in 2 einander gegenüberstehenden Reihen.

(Gruppe 11. *Bambúseae.* Grofse, oberirdisch ausdauernde Gräser mit oft kurzgestielten Blattspreiten, in den Tropen.)

§ 54.

Künstlicher Schlüssel zum Bestimmen der *Gattungen* der einheimischen Gräser. (Hier sind auch solche aufgenommen, die im speziellen Teil nicht behandelt sind.)

A. Getrennten Geschlechts, die männlichen (Staubgefäfs-) Blüten in Rispen an der Spitze des *nicht hohlen* Stengels, die weiblichen in Kolben im Winkel der Blätter . . . . **Zea Mays, Mais.**



Fig. 47. Lolium multiflorum (italicum), italienisches Raigras. Ährchen mit der schmalen Seite der Ährenspindel zugekehrt.

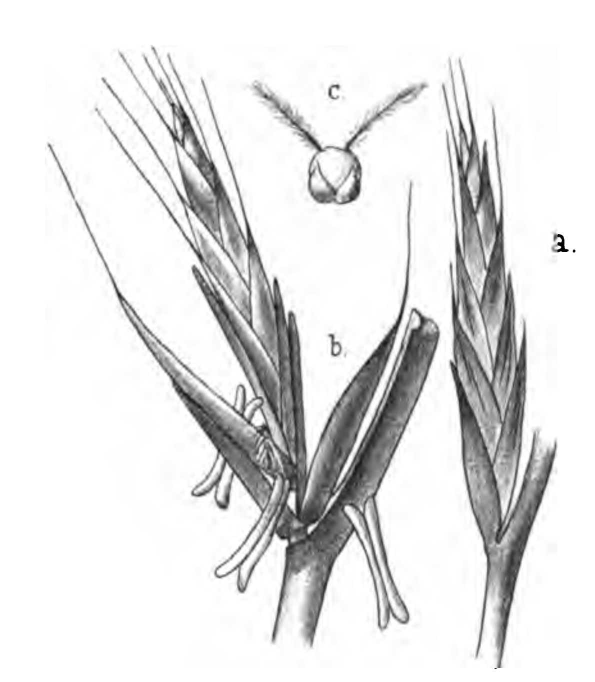


Fig. 48. Lolium multiflorum (italicum). *a* Ährchen vor der Blüte; *b* Ährchen in Blüte, die erste Blüte ist schon verblüht, die zweite in voller Blüte; *c* Fruchtknoten mit den zwei Schüppchen davor.

B. Mit Zwitterblüten. Zerfallen nach dem Blütenstand in:

I. *Ährengräser,* d. h. Ährchen sitzend an einer einzigen, unverästelten Achse (Spindel), z. B. Roggen (Fig. 46). Vergl. III.

II. *Fingerährengräser;* mehrere Ähren fingerig zusammengestellt, z. B. Fingerhirse.

III. *Rispenährengräser oder Scheinährengräser;* Ährchen kurzgestielt, die Stiele oft verzweigt, aber alle dicht aneinander und der Hauptachse anliegend, z. B. Fuchsschwanz. I u. III sind einander ähnlich.

IV. *Rispengräser;* Ährchen an ziemlich langen, verzweigten Stielen.

I. Ährengräser. S. auch III.

a) Hüllspelzen fehlend.
Ährchen einzeln, 1 blütig, in einseitswendiger Ähre, Narbe nur 1, Blätter borstenförmig . . . . Nardus, Borstengras.

b) Hüllspelze 1, nur das endständige Ährchen mit 2.
Ährchen einzeln, wechselständig, 3- bis mehrblütig, mit der *schmalen* Seite der Ährenspindel zugekehrt (Fig. 47 und 48) . . Lólium Lolch, Raigras.



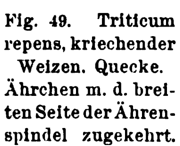


Fig. 49. Triticum repens, kriechender Weizen. Quecke. Ährchen m. d. breiten Seite der Ährenspindel zugekehrt.

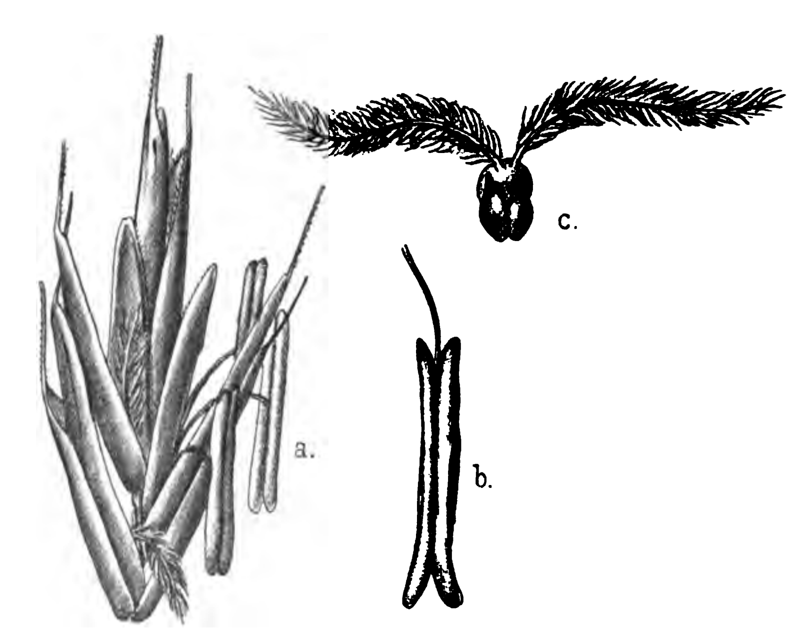


Fig. 50. Triticum repens. *a* Ährchen; *b* Staubbeutel; *c* Fruchtknoten, davor die 2 Schüppchen.

c) Hüllspelzen 2.

1. Ährchen einzeln.
 * Ährchen sitzend.
 α) Ährchen mit der *breiten Seite* der Spindel zugekehrt, 3- bis vielblütig, begrannt oder grannenlos, Hüllspelzen eiförmig oder lanzettlich, mehrnervig (Fig. 49 und 50) . . . . . Triticum, Weizen.
 β) Ährchen 2 blütig, in der Mitte zwischen beiden das Stielchen einer 3. verkümmerten (zuweilen sich entwickelnden) Blüte, Deckspelzen lang begrannt, Hüllspelzen pfriemenförmig . . Secále, Roggen.

** Ährchen kurzgestielt (Blütenstand streng genommen eine Traube, keine Ähre), Ährchen vielblütig, Hüllspelzen ungleich lang, Vorspelze am Rande kammförmig gewimpert . . . Brachypódium, Zwenke.

2. Ährchen zu mehreren.

α) Ähre ohne Gipfelährchen, Ährchen zu 3, 1blütig, mittleres stets zwitterig, lang begrannt, die 2 seitenständigen entweder zwitterig oder männlich oder geschlechtslos, begrannt oder grannenlos.
Hórdeum, Gerste.

β) Ähre mit Gipfelährchen, Ährchen zu 2 bis mehreren, 2- bis vielblütig, alle zwitterig . . . . Élymus, Haargras.

NB. Phleum pratense, Timotheegras, Alopecurus, Fuchsschwanz, Anthoxanthum, Ruchgras, die scheinbar Ähren tragen, siehe unter III.

II. Fingerährengräser.

Ährchen in einseitigen, fingerartig gestellten Ähren. 1blütig. Narben sprengwedelförmig.

a) Ährchen von der Seite zusammengedrückt . . . . Cýnodon.

b) Ährchen vom Rücken zusammengedrückt, zu 2 nebeneinander.

Ährenspindel fast zylindrisch, behaart, gegliedert, Hüllspelzen 3.
Andropógon.

Ährenspindel flach, ungegliedert, Hüllspelzen 3, die unterste sehr klein oder verkümmert. Digitaria (eine Untergattung von Panicum, s. S. 266).

III. Rispenährengräser (mit Scheinähren). S. auch I.

a) Verzweigungen der ährenförmigen Rispe zum Teil ohne Ährchen, als rauhe Borsten hervorragend, Hüllspelzen 3, die unterste die kleinste.
Setária, Borstenhirse.

b) Verzweigungen sämtlich Ährchen tragend.

1. Hüllspelzen 4, die 2 äufseren grofs, kahnförmig, die 2 inneren klein, schuppenförmig; nur angebaut . Phálaris canariénsis, Kanariengras.

2. Hüllspelzen 4, die unterste halb so lang als die zweite, die 2 inneren verdeckt, bräunlich und begrannt, daher 2 Grannen. *Staubgefäfse* 2. Narben fadenförmig, hervortretend . . . Anthoxánthum, Ruchgras.

3. Hüllspelzen 2.

Ährchen 1blütig, grofs, Hüllspelzen am Grunde verwachsen, 1 Granne, Ähre weich . . . . Alopecúrus, Fuchsschwanz.

Ährchen 1blütig, klein, Hüllspelzen nicht verwachsen, stachelspitz, daher Ährchen stiefelknechtartig, Ähre bürstenartig rauh (Fig. 51).
Phleum, Lieschgras.

Ährchen 1blütig, sehr grofs, untere Hüllspelze kleiner, Blüten am Grunde mit Haaren . . . . Ammóphila, Sandhalm.

Ährchen 2- bis mehrblütig, allseitswendig, Deckspelze stachelspitz oder begrannt . . . . Koeléria, Koelerie.

Ährchen 2blütig, meist einseitswendig, bläulich, Narben fadenförmig.
Sesléria, Seslerie.

Ährchen mehrblütig, einseitswendig, mit kammförmig gefiedertem Tragblatt . . . . Cynosúrus, Kammgras.
Ährchen mehrblütig, Hüllspelzen gewölbt, so lang wie das Ährchen, untere Spelze knorpelig, am Rande zottig gewimpert.
Mélica ciliáta, gewimpertes Perlgras.

IV. Rispengräser (selten nur eine Traube).

a) Ährchen 1 blütig.

α) *Hüllspelzen 4* (Phalarideae).

1. Hüllspelzen 4, die 2 äufseren länger als die Blüte, die inneren sehr klein, pinselförmig, Ährchen geknäuelt, oft rötlich oder violett angehaucht . . . . . . Phálaris arundinácea, rohrartiges Glanzgras.

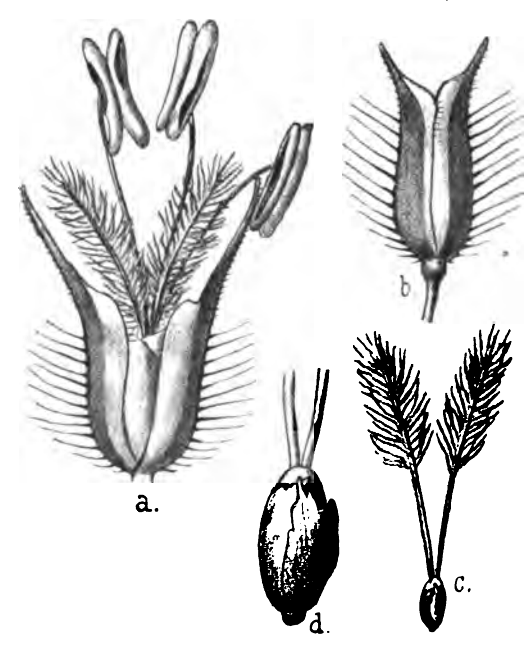


Fig. 51. Phleum pratense. *a* Ährchen, *b* Hüllspelzen, *c* Fruchtknoten mit den beiden Narben und den zarten Blütenspelzen, *d* unterer Teil von *c*, stärker vergröfsert.

2. Hüllspelzen 4, die 2 inneren braun, mit je 3 Staubgefäfsen in ihrer Achsel, also eigentlich männliche Blüten. Die fruchtbare Zwitterblüte mit 2 Staubgefäfsen . . . . Hieróchloa, Mariengras.

β) *Hüllspelzen 3* (Paniceae).

3. Unterste Hüllspelze die kleinste . . . . Pánicum, Hirse.

γ) *Hüllspelzen 2* (Agrosteae).

4. Ährchen eiförmig, im Querschnitt rund, hirseähnlich. Rispe grofs, sehr locker, Blätter sehr breit und schlaff. Hohes Waldgras.
Milium, Flattergras.

5. Ährchen von der Seite zusammengedrückt, sehr klein, untere Hüllspelze gröfser, Granne fehlend oder sehr kurz . . . Agróstis, Straufsgras.
6. Ährchen von der Seite zusammengedrückt, untere Hüllspelze kleiner, Granne lang, sonst wie Agrostis . . . . . . Apéra, Windhalm.
7. Ährchen von der Seite zusammengedrückt, untere Hüllspelze gröfser, Blüten am Grunde mit Haaren, kurz begrannt. Hohe, harte Gräser. Calamagróstis, Landrohr.

b) Ährchen 2- bis vielblütig. Hüllspelzen stets 2, selten 0 (Nardus).

1. Hüllspelzen (wenigstens eine) so lang oder länger als das Ährchen oder wenigstens als die nächste Deckspelze (Aveneae).

α) Ährchen gewölbt.

Ährchen 3blütig, die 2 unteren Bl männlich. Hieróchloa, Mariengras.
Ährchen 2—3blütig, die oberste Bl geschlechtslos, einen Knopf bildend, Blattscheiden geschlossen, Deckspelze knorpelig. Mélica, Perlgras.
Ährchen 2blütig, grofs, die untere Blüte männlich, mit langer, geknieter Granne, untere Hüllspelze halb so lang als die obere. Avena (Arrhenátherum) elatior, französisches Raigras.
Ährchen 2blütig, alle Blüten zwitterig.

† Deckspelze nahe dem *Grunde* mit kurzer, fast gerader oder langer geknieter Granne, Rispe locker . . . Aira, Schmele.
†† Granne grundständig, oberwärts keulenförmig. Weingaertnéria, Silbergras.

Ährchen meist grofs, 2- bis vielblütig, alle Blüten zwitterig. Hüllspelzen meist das ganze Ährchen verdeckend.

† Deckspelze auf dem *Rücken* mit langer, geknieter Granne (beim gebauten Hafer oft fehlend) . . . . Avéna, Hafer.
†† Deckspelze unbegrannt, Rispen *traubenförmig,* d. h. Äste fast unverzweigt . . . . Sieglingia, Sieglingie.

β) Ährchen zusammengedrückt gekielt.

Ährchen klein, 2blütig, die obere Bl männlich, kurz begrannt, Granne hakenförmig oder gekniet . . . . . Holcus, Honiggras.

2. Hüllspelzen kürzer als die nächsten Deckspelzen (Festuceae).

α) Alle Blüten, aufser der untersten, von langen, seidenartigen Haaren umhüllt . . . . Phragmites, Schilfrohr.

β) Blüten ohne solche Haare.

αα) Ährchen herzförmig, herabhängend . . . Briza, Zittergras.

ββ) Ährchen von gewöhnlicher Form, länglich oder lanzettlich.

† Deckspelzen auf dem Rücken *zusammengedrückt gekielt.* (Die Spelzen können nicht auf dem Rücken liegen.)
Ährchen geknäuelt, Deckspelze mit Grannenspitze, *Blattscheiden halb geschlossen, platt* . . Dáctylis, Knaulgras.
Ährchen einzeln an der vielästigen Rispe, unbegrannt, Blattscheiden z.T. anfangs geschlossen, meist rund. Poa, Rispengras.

†† Deckspelzen auf dem Rücken *gewölbt.* (Können auf dem Rücken liegen.)

††α) Halm scheinbar ohne Knoten, Blatthäutchen in eine Reihe Haare aufgelöst, Ährchen bläulich, Deckspelze bauchig, Narben purpurn . . Molinia, Pfeifengras.

††β) Halm deutlich mit Knoten.

Ähren 4—11blütig, Deckspelze länglich, stumpf, 5—7-nervig, grannenlos, Narben ästig gefranst, Blattscheiden geschlossen. Hohe Wassergräser. Glycéria, Süfsgras.

Ährchen 2—7blütig, untere Hüllspelze gröfser als die obere, Deckspelze 3spitzig, am Grunde mit 1 Haarbüschel. Hohes Wassergras mit sehr ästiger Rispe, Blätter am Grunde mit braunem Fleck. Ähnlich wie Glyceria aquatica, aber Blattscheiden offen.
Scolóchloa festucácea, Schwingelschilf.

Ährchen 2blütig, schlaffes Wassergras.
Catabrósa aquatica, Quellgras.

Ährchen 2- bis vielblütig, Deckspelze stumpf und unbegrannt oder lanzettlich und *an der Spitze* begrannt, Narben *an der Spitze* des Fruchtknotens, Rispe vor und nach der Blüte oder selbst während derselben meist einseitswendig . . . . Festúca, Schwingel.

Ährchen vielblütig, Deckspelze grannenlos oder *unter* der Spitze begrannt, Narben *unter* der Spitze des Fruchtknotens eingefügt, *Blattscheiden bis zur Hälfte geschlossen* (Fig. 52) . . . . . Bromus, Trespe.

Einen Schlüssel zum Bestimmen der häufigeren Gräser der norddeutschen Marschen im blüten*losen* Zustande gibt C. Weber in „Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft", Heft 61, S. 33 (1901).

§ 55.

Die ersten 4 Gruppen der Gräser umfassen meist ausländische Arten. Die Gruppencharaktere s. S. 259.

Gruppe 1. ***Maydeae***, Maisgräser. **Zea Mays, Mais, türkischer Weizen, stammt aber aus Amerika. ♂ Bl in Rispen an der Spitze des Stengels, ♀ in Kolben in den Blattachseln.**

Gruppe 2. ***Andropogoneae***, Mohrenhirsegräser. **Andropogon Sorghum (Sorghum vulgare), Mohrenhirse, Durrha, Dari, Broomcorn, aus Afrika, jetzt überall in wärmeren Ländern, besonders auch in Nordamerika gebaut.**

Gruppe 3. ***Paniceae,*** Hirsegräser. **Panicum miliáceum, Rispenhirse.** Rispe weitschweifig; gebaut. **P. (Digitaria) sanguinale, rauhhaarig, und P. (Dig.) *lineare,* kahl, beide mit fingerförmigen** Blütenständen,[1] **P. crus galli, Hühnerhirse** (mit einseitswendiger Rispe), alle 3 Unkräuter, **ebenso wie P. viride** (Setaria viridis), **P. glaucum** (S. glauca), **diese beiden mit borstigen Scheinähren. Als Kolbenhirse wird P. italicum gebaut, die wohl nur eine Kulturform von P. viride ist. Hierher gehört auch Pennisétum typhoídeum, Negerhirse, Afrika,**

[1]) ***P. lineare,*** Blätter und Halm niederliegend, **Ähren meist zu 3; ⨀,** Juli—Herbst. Besiedelt nackte Sandflächen und bereitet die **Pflanzendecke vor.**

Kolben einem Rohrkolben ähnlich, sowie Paspáleum dilatátum, Südamerika, Futtergras in den Tropen.

Gruppe 4. *Oryzeae,* Reisgräser. Orýza sativa, Reis, trop. Asien. Oryza clandestina (Leersia oryzóides), am Wasser vorkommend, bei uns selten, die Rispen entwickeln sich nur in warmen Sommern.

Die wichtigsten Gattungen und Arten aus den Gruppen 5—10.

§ 56.

Gruppe 5. **Phalarideae.** Ährchen gestielt, 1blütig, mit *vier* Hüllspelzen, die zwei inneren sehr klein. Rispen oder Scheinähren.

(Gattung) **1. *Phalaris,***[1]) Glanzgras. Rispe lappig oder, bei P. canariensis, ährenförmig, die 2 äußeren Hüllspelzen die Blüte verdeckend, die zwei inneren klein, pinsel- oder schuppenförmig, Deckspelze grannenlos, glänzend.

(Art) 1. *P. arundinácea* (Baldingéra arundinacea, Dígraphis arundinacea), rohrartiges Glanzgras, Havel-Mielitz (Fig. 53). — Zahlreiche unterirdische, bis 30 cm lange, purpurrote, glänzende Ausläufer treibend, rohrartig, Blätter breit, schmal zugespitzt, mit glänzend weißem Mittelnerv, trocken, schilfartig rauschend, die Blattscheide, gegen das Licht gesehen, mit vielen Queradern, die Blattspreite mit 40—60 feinen weißen Längsstreifen, Blattgrund flach, Blatthäutchen lang, bis 6 mm, abgestutzt oder spitz, meist

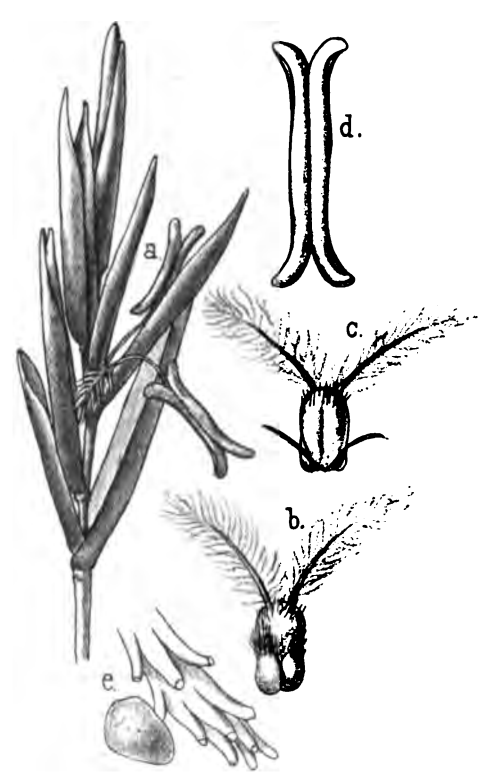


Fig. 52. Bromus inermis. *a* Ährchen; *b* Fruchtknoten mit den 2 Schüppchen, *c* derselbe von hinten, die 2 seitlichen Staubfäden abgeschnitten; *d* Staubbeutel; *e* Pollenkorn auf den Haaren der Narbe.

[1]) Gewöhnlich leitet man es ab von φάλος, φαλερός glänzend. Nach Ascherson und Graebner, Flora des nordostdeutschen Flachlandes S. 77, ist φάλαρις bei Dioskorides der Name eines Grases, das eine gewisse Ähnlichkeit mit einem Helmschmuck (φάλαρα) hat.

zerschlitzt, Halm hoch, Rispe gelappt, oft rötlich oder violett angelaufen, die beiden inneren Hüllspelzen (eigentlich verkümmerte Blütchen) auf kleine Haarbüschel reduziert. Deckspelze silbergrau, pergamentartig. ♃. Juni, Juli. 1—$2^{1}/_{2}$ m.

Standort: An Flufsufern und stehenden Gewässern, besonders in der Ebene, neuerdings aber auch viel auf besandeten Moorwiesen angebaut, ebenso hoch in den Alpen, wo es vortrefflich gedeiht und der Kälte völlig widersteht. — *Bewässerung* verträgt es sehr gut, auch stauende Nässe, und gedeiht selbst



Fig. 53. Phalaris arundinacea. *a* Ährchen, *b* die 2 äufseren Hüllspelzen; *c* Blüte mit den 2 pinselförmigen inneren Hüllspelzen an der Basis, *d* Fruchtknoten, *e* Frucht. (Nach Garcke.)



Fig. 54. Anthoxanthum odoratum, echtes Ruchgras. *a* blühendes Ährchen, bei *b* ausgebreitet, *c* innere Hüllspelzen, *d* Staubgefäfse u. Fruchtknoten. (Nach Garcke.)

oft auf trocknerem Boden. An der Havel und allen norddeutschen Flüssen sehr verbreitet und ähnlich hoch geschätzt wie das echte Mielitzgras (S. 287), von dem es sich durch runden Halm, offene Blattscheide, langes Blatthäutchen und die gelappte Rispe, die öfter bei ihrem violetten Anhauch dem Honiggras ähnlich sieht, aber gröfser ist, unterscheidet. *Wert: Vor* der Blüte gemäht ein gutes, wenn auch grobes Gras, von norddeutschen Heuhändlern sehr hoch gehalten: später hart.

Entwickelt sich früh, gibt guten Nachwuchs und kann oft 3mal geschnitten werden. Auf Moorwiesen breitet es sich oft in bedenklicher Weise aus und bildet grofse blaugrüne Inseln. Die jungen Triebe sehen denen des Timotheegrases, Phleum pratense, sehr ähnlich. *Unterscheidung:* Die Längs-

nerven der Blattscheiden sind durch *zahlreiche* und *deutliche Queradern* verbunden, während sich bei Phleum nur wenige und minder deutliche finden.

Eine Abart, var. picta mit weifs gestreiften Blättern, ist das Bandgras der Gärten.

2. *P. canariensis,* Kanariengras, Spitzsamen, mit hellgrünen matten Blättern, hat keine Rispen, sondern ovale Ähren, eigentlich Scheinähren. Die 2 unteren Hüllspelzen sehr grofs, auf dem Rücken mit ganzrandigem, bis zur Spitze reichendem Flügel, kahnförmig, obere lanzettlich, weifslich, letztere sitzen oft noch der gelben Scheinfrucht, dem Spitzsamen, an. Auf dem Acker gebaut, mitunter verwildert. Stammt aus Südeuropa.

2. ***Anthoxanthum*** (ἄνθος Blüte, ξανθός gelb, wird früh gelb), Ruchgras. Rispe ährenförmig (Scheinähre), Ährchen 1blütig. Hüllspelzen 4, die unterste *halb* so lang als die 2., die 3. und 4. kurz, verborgen, *braun, behaart* und auf dem Rücken begrannt (verkümmerte Blüten). Staubgefäfse nur 2. Narben fadenförmig. Blätter nach Waldmeister und etwas bitter schmeckend, getrocknet nach Cumarin riechend.

1. *A. odorátum,* gemeines, echtes Ruchgras (Fig. 54). Triebe teils intra-, teils extravaginal, einen niedrigen Horst bildend. Stengel aufrecht, Knoten kurz, grün. Blattscheiden stark gerippt, meist mit abstehenden Haaren. Blätter gewimpert, oft oberseits behaart, oberstes bewimpertes Blatthäutchen lang, spitz. Halm aufrecht oder gekniet, wenig beblättert. Scheinähren länglich, dicht, spitz, bald gelb werdend. Innere (also 3. und 4.) Hüllspelzen (verkümmerte Blüten) (Fig. 54, *c*) zur Reifezeit *dunkelbraun,* lang und schwarz behaart, *kaum länger* als die zwischen ihnen sitzende *fruchtbare Blüte* (das Korn), die 3. Hüllspelze mit einer kurzen, geraden, die 2. Hüllspelze nicht überragenden, die 4. mit einer langen, geknieten Granne, die länger als die 2. Hüllspelze. — Protogynisch! (S. 255.)

♃. Wälder, Wiesen, auf trockenem, wie nassem Boden. *Sehr früh,* Mai, Juni, 30—50 cm. Nach Bewässerung wächst es üppig. Wert nur mittelmäfsig, in *kleinen* Mengen wegen des angenehmen Cumarin-Geruchs, der an Waldmeister erinnert, als Würze des Heues erwünscht; der eigentliche Heugeruch stammt aber nicht vom Ruchgras her, sondern entsteht durch die Gärung (Fermentation), welche alle Gräser etc. während des Trocknungsprozesses durchmachen (Heubacillus). Cumarin-Geruch des Heues verrät immer die Gegenwart von Anthoxanthum odoratum oder von Hierochloa odorata. — Der Ertrag ist gering.

2. *A. aristatum Puelii,* begranntes oder Puel's Ruchgras. (Nach Timothée Puel, Mitte des 19. Jahrhunderts Arzt in Paris, beschäftigte sich mit der Flora Frankreichs und der Syriens). Wie voriges, aber niedriger, Stengel gekniet, Knoten lang, dick, winkelig, oft rot, Scheinähre *ziemlich locker* und *kürzer, die 2 unteren Hüllspelzen* mit *deutlicher Stachelspitze,* die 2 oberen behaart und etwa doppelt so lang als die fruchtbare Blüte (das Korn); ihre Grannen die unteren Hüllspelzen meist weit überragend.

Einjährig. Juni, Juli. Mittelmeergebiet, auf sandigen Äckern im nordwestlichen Deutschland, namentlich im Hannoverschen seit längerer Zeit eingeschleppt und jetzt sich weiter verbreitend. Im Nordwesten viel als Unkraut unter Roggen. *Fast wertlos.* Wird leider vielfach angeboten unter dem unschuldigen Namen „Anthoxanthum odoratum (*Puelii*)“ und sollte dann stets *zurückgewiesen* werden. Dient auch zur Verfälschung des echten Ruchgrases. Die Unterscheidung ist schwierig, meist ist der sog. Samen etwas heller braun als der vom echten und etwas kürzer. Leider ist echtes Ruchgras fast gar nicht mehr zu haben; in Norddeutschland ist fast alles A. aristatum, das im Lüneburgischen aus dem Roggen ausgesiebt wird und über Hamburg in den Handel kommt.



Fig. 55. Hierochloa australis. *a* Rispenästchen, *b* Ährchen, *c* eine der beiden männlichen Blüten, *d* die Zwitterblüte von der Seite, *e* dieselbe von innen. (Nach Garcke.)



Fig. 56. Alopecurus pratensis. *a* Hüllspelzen, *b* und *c* Ährchen, *d* Deckspelze, *e* Blüte. (Nach Garcke.)

3. Hierochloa (ἱερός heilig, χλόη oder χλόα junges Gras), Mariengras. Rispe locker, glänzend. Die beiden inneren (bei Anthoxanthum unfruchtbaren) Hüllspelzen sind hier zu 2 wirklichen ♂ Blüten mit je 1 Deck- und Vorspelze und mit 3 Staubgefäfsen entwickelt (Fig. 55, *c*); die Zwitterblüte hat nur 2 Staubgefäfse wie Anthoxanthum und steht zwischen den beiden männlichen. Spelzen zur Fruchtzeit erhärtend. Cumarinhaltig.

1. *H. odorata,* wohlriechendes Mariengras, Darrgras. Wurzelstock bis 30 cm lang, *kriechend.* Ährchenstiele kahl, ♂ Blüten mit sehr kurzer, gerader Granne.

♃. Trockene und mäfsig feuchte Wiesen, sandige See- und Teichränder, lichte Gebüsche, westlich der Elbe weniger häufig, stellenweise. Mai und Juni, 30—60 cm. Wertlos, nur wegen des Wohlgeruchs in kleinen Mengen angenehm.

2. *H. australis,* südliches Mariengras (Fig. 55). *Locker rasenförmig*, ohne oder mit sehr kurzem, kriechendem Wurzelstock. *Ährchenstiele unter dem Ährchen mit einem Haarbüschel.* Oberste ♂ Blüte mit 3 mm langer geknieter Granne. Rispen silberglänzender. Sonst wie vorige. ♃. Schattige Wälder, besonders Laubwälder. In Westpreufsen häufig.

§ 57.

Gruppe 6. **Agrosteae.** Ährchen gestielt, in Rispen oder Scheinähren, 1blütig mit *zwei* Hüllspelzen.

1. ***Alopecurus*** (ἀλώπηξ Fuchs, οὐρά Schwanz), Fuchsschwanz. *Rispe ährenförmig*, eine Scheinähre oder Rispenähre bildend, *Hüllspelzen grofs, meist am Grunde verwachsen,* Deckspelze auf dem Rücken begrannt.

1. *A. pratensis,* Wiesenfuchsschwanz (Fig. 56). Wurzelstock kurz, kriechend, Triebe extravaginal, kurze Ausläufer darstellend, aber gleich aufsteigend und im Laufe der Jahre grofse Horste bildend, untere Scheiden oft rötlich, *nicht in Fasern aufgelöst,* obere länger als die Blätter, oberste etwas aufgeblasen. Untere Blatthäutchen kurz, dick, obere breit, länglich, abgestutzt. Halm glatt, mit starken Knoten, unten oft gekniet, dann aufrecht. Blätter grasgrün, mäfsig breit, etwas rauh, mit ca. 7 flachen Hauptnerven (im ganzen 20—30), lineal, allmählich zugespitzt. Scheinähre (ährenförmige Rispe) lang, die kurzen Äste mit 4—10 Ährchen. Ährchen grofs, eiförmig, 5 mm lang, mit zwei grofsen, die Blüte verdeckenden Hüllspelzen. Hüllspelzen breit, lanzettlich, nur bis *unterhalb der Mitte verwachsen,* weifs, mit grünen Nerven, an der Spitze gerade oder zusammengeneigt, am Kiele *lang gewimpert,* daher die ganze Ähre, im Gegensatz zu der ähnlichen des Timotheegrases, weich anzufühlen.

Blüte nur mit 1 Deckblatt, der unteren Spelze, versehen, das Vorblatt fehlt. Deckblatt oberhalb der Basis mit hervortretender Granne, die doppelt so lang als die Hüllspelzen. Narben 2, lang, fadenförmig, weit hervortretend, vor den Staubgefäfsen entwickelt (proterogyn), Staubbeutel gelb, dann rotbraun.

♃. Fruchtbare Wiesen, Mai und Juni, 60—100 cm. Wohl das *vorzüglichste* aller Gräser, *sehr früh,* sehr ertragreich und der strengsten Kälte wie auch den Spätfrösten widerstehend. Treibt schon im April lange, kräftige Wurzelblätter und blüht Mitte Mai. Bestockt sich nach dem 1. Schnitt wieder sehr schnell, wenn auch nicht immer stark, und könnte auf gutem Boden, wenn es allein stände, 3mal geschnitten werden. Dauert viele Jahre aus, gibt aber im 2. und 3. Jahre die höchsten Erträge. — Liebt nur den besten, feuchten Wiesenboden und gedeiht angesät auch in den Alpen sehr gut, während das Timothee-

gras dort oft erfriert. Stauende Nässe verträgt es nicht, für Bewässerungswiesen ist es aber vorzüglich geeignet. Same früher wenig keimfähig, in neuerer Zeit, wo viel Saat aus Finnland kommt, aber öfter zu 70—80 %.

1a. *var. nigricans.* Ausläufer länger, Scheinähren dicker, schwärzlich. Nicht selten.

2. *A. arundináceus,* rohrartiger Fuchsschwanz. ♃. 60—130 cm hoch, graugrün. Wurzelstock lang, kriechend. Hüllspelzen oberwärts auseinandertretend. Pommern, Salzwiesen an der Ostsee.

3. *A. geniculatus,* geknieter Fuchsschwanz. Halm am Grunde niederliegend, knickig aufsteigend, etwas graugrün, Scheinähre (Rispe) dünner und kürzer als bei A. pratensis, Rispenäste 1—2 Ährchen tragend, Ährchen nur 3 mm lang, verkehrt eiförmig, Hüllspelzen *nur am Grunde verwachsen,* ihre Spitzen auseinandertretend, kurzhaarig, Granne unter der Mitte des Deckblattes, lang hervortretend, Staubbeutel hellgelb, verblüht hellbraun. Sehr nasse Wiesen. Geschätztes Untergras für Weiden und Wiesen, Same kaum im Handel.

4. *A. fulvus,* rotgelber Fuchsschwanz. Wie voriger graugrün. Granne in der Mitte, kaum vorragend. Staubbeutel verblüht rotgelb. Wohl nur Abart des vorigen.

5. *A. agréstis,* Acker-Fuchsschwanz. Rispenähre schmal, an beiden Enden verdünnt. Ährchen zu 1—2, verkehrt eiförmig *oberhalb der Mitte* am breitesten, Hüllspelzen bis zur Mitte verwachsen, kurz gewimpert. Granne doppelt so lang als das Ährchen. ⊙. Auf Äckern, besonders in Süddeutschland. — Dient mitunter zur Verfälschung der Wiesenfuchsschwanzsaat. Leicht an den fast kahlen, härteren, mehr keilförmigen, nicht ovalen Ährchen im Samen zu unterscheiden. Die Hauptverunreinigung des Samens von Alopecurus pratensis ist aber Holcus lanatus, siehe S. 281.

2. *Phleum* (phleos bei Aristophanes Name einer Sumpfpflanze), Lieschgras. Rispe ährenförmig, Hüllspelzen getrennt, aber dicht zusammenstehend, klein, stachelspitz begrannt, einen Stiefelknecht bildend; Deckspelze stumpf, unbegrannt, wie die Vorspelze zart.

1. *Phleum pratense,* Wiesen-Lieschgras, Timotheegras (Fig. 57). Triebe intravaginal, einen ziemlich dichten Horst bildend. Blattscheiden lang, eng anliegend, die alten unteren sich oft in Fasern auflösend. Blatthäutchen der unteren Blätter kurz abgestutzt, der oberen oft länger, spitz und gezackt, sich oft an der Scheide geöhrt hinabziehend. Scheiden frühzeitig der ganzen Länge nach offen. Blattspreite gelbgrün, mitunter auch dunkelgrün, lang zugespitzt, rückwärts rauh, gegen das Licht gesehen mit ca. 7 weifslichen Hauptnerven, im ganzen ca. 15—25 flache Nerven. Halm aufrecht, Knoten kurz, länglich, wenig verdickt, oft gebräunt, Scheinähre zylindrisch, ziemlich stumpf, Ästchen ganz kurz, angedrückt, 2 bis 3 Ährchen tragend. Ährchen klein, 1 blütig, die Blüte von den 2 bis unten getrennten Hüllspelzen ganz verdeckt, Hüllspelzen länglich, quer abgestutzt, in eine stachelspitzige Granne von $^1/_3$ der Länge der Hüllspelzen auslaufend, am Kiel steif gewimpert. Deck- und Vorspelze

zart. Staubbeutel purpurn, später gelbbraun. *Same des Handels:* die nackte, kleine, gelblichbraune Frucht, meist noch mit den zarten, silbergrauen Deck- und Vorspelzen bedeckt.

Spät. Ende Juni, Juli, 0,50—1 m. Eins der *wichtigsten*, grofse Massen liefernden Gräser, oft auch auf dem Acker rein oder im Gemenge mit Klee als „Kleegras" gebaut. Mufs spät geschnitten werden, aber noch ehe der Halm hart wird; gibt oft erst im 2. Schnitt den höchsten Ertrag, weil es im



Fig. 57. Phleum pratense, Lieschgras (blühende Ähre).

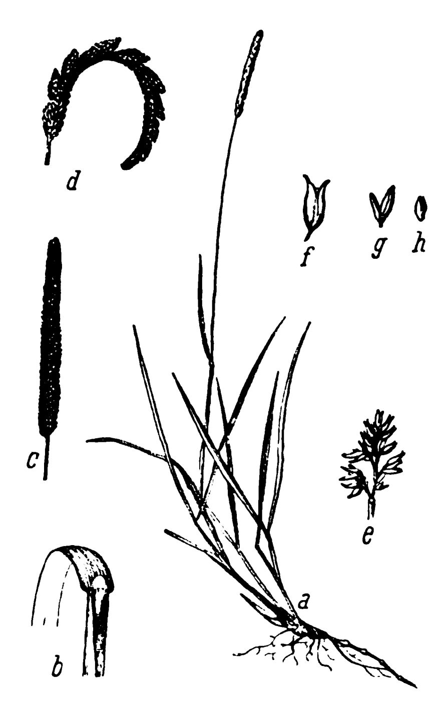


Fig. 58. Phleum Boehmeri. *a* ganze Pflanze, verkl., *b* Blatthäutchen, *c* Scheinähre, *d* dieselbe gebogen, um die Äste zu zeigen, *f* Hüllspelze, *g* Deck- und Vorspelze, *h* Frucht, von den Spelzen umgeben.

ersten noch weit zurück ist, so auf Moordammwiesen. Nachwuchs nicht bedeutend. — Die volle Entwickelung erreicht es erst im 2. Jahre und nimmt nach einigen Jahren sehr ab, dauert überhaupt nach Weber auf den meisten Wiesen Norddeutschlands nur 4—6 Jahre aus; bei uns winterhart, in den Alpen aber öfter erfrierend. Auf allen besseren, frischen, humosen Bodenarten. An trockenen Orten verdickt sich der Halm am Grunde zwiebelartig (var. nodosum). Für Bewässerung sehr empfänglich, auch für Moordammkulturen ausgezeichnet. Vom *Fuchsschwanz*, der übrigens viel früher blüht, durch die rauh anzufühlenden Scheinähren und die viel kleineren, einem *Stiefelknecht ähnlichen Ährchen*

leicht zu unterscheiden. Unterschied von Phalaris arundinacea siehe S. 269. Auch sind nach Weber die Blattscheiden der jungen Triebe ganz offen.

2. *Phleum Boehméri,* Boehmer's Lieschgras (Fig. 58). Graugrün. Laubtriebe kurz. Blatthäutchen kurz, gestutzt. Scheinähre schmal zylindrisch, meist oben oder auch unten verschmälert; zeigt beim *Biegen* die lappigen Äste und beweist dadurch, dafs Phleum keine Ähren, sondern ährenförmige Rispen besitzt. ♃. Hüllspelzen lanzettlich, plötzlich in die kurze Granne zugespitzt. Sonnige Hügel, Grasraine, zerstreut, fehlt im Nordwesten und in Schleswig-Holstein.



Fig. 59. Agrostis alba (stolonifera). *a* das lange Blatthäutchen, *b* Ährchen, *c* Blüte, *d* Ährchen geschlossen, *e* Frucht, von Spelzen umgeben.



Fig. 60. Agrostis alba, blühend.

3. *Agróstis* (Name eines Futtergrases bei Homer), Straufsgras. Ährchen 1blütig, ohne Ansatz einer 2. Blüte; untere Hüllspelze kleiner, Blüten *klein*, meist unbegrannt. Längsriefen der Blattspreite nach Weber im Querschnitt oben abgerundet (im Gegensatz zu Alopecurus geniculatus).

1. *A. alba* (A. stolonífera, Fig. 59 und 60), weifsliches Straufsgras, Fioringras. *Ausläufer* meist *zahlreich, sehr lang,* teils unter, teils auf der Erde, an den Knoten sich bewurzelnd und dort zahlreiche reichbeblätterte Triebe entwickelnd, sodafs zuletzt ein dichter Filz entsteht.

Halm aufsteigend, *Blatthäutchen lang*, länger als der Spreitengrund, Blattspreite lang, rückwärts rauh, Rispe *vor* und *nach* der Blüte *zusammengezogen*, während der Blüte mit spitzwinklig ausgebreiteten rauhen Ästen; weifslich oder rötlich-violett. Deckspelze doppelt so lang als die Vorspelze, klein, unbegrannt. ♃. Spät. Ende Juni, Juli, im Gebirge oft August, Höhe 30—60 cm. Hauptertrag im 2. Schnitt, wegen der massenhaft sich nach dem 1. Schnitt entwickelnden Blätter.

Liebt feuchten, lockeren Boden, erträgt die gröfste Kälte und kommt daher von der Meeresküste bis hoch in den Alpen vor. Zur Bewässerung sehr geeignet. Bildet nach Weber an der Seeküste und in den Seemarschen, sowie an den Flufsniederungen des norddeutschen Flachlandes ausgedehnte Bestände.

2. *A. vulgaris,* gemeines Straufsgras. Ausläufer fehlend oder kurz. Halm aufsteigend. *Blatthäutchen sehr kurz,* abgestutzt. Blattspreite tief gerillt, kurz, dunkelgrün, unterseits meist glänzend, Mittelnerv undeutlich, jederseits 7—9 starke Nerven. Rispe vor der Blüte zusammengezogen, während der Blüte eiförmig, auch nach der Blüte ausgebreitet oder doch nicht ganz zusammengezogen, rotbraun. Äste haarfein, untere bis zu 7 im Quirl. Klappen (Hüllspelzen) beinahe gleich lang.

♃. Sehr spät. Ende Juni bis Juli, oft erst im August. — Auf allen Bodenarten und in allen Lagen, bis hoch in den Alpen. Oft an Waldrändern auf kiesigem oder sandigem Boden, überall auf der Geest in Schleswig-Holstein. *Wert: Untergras.* Rasen dicht, fein. Ertrag nur mäfsig, aber im 2. Schnitt besser, für Gebirgswiesen wichtig, bildet in der Schweiz einen besonderen Typus, den Straufsgrastypus, der die gedüngten Wiesen der Bergtäler von 800—1700 m (oberhalb des Arrhenatherumtypus) umfafst.

3. *A. (Apéra) spica venti,* Windhalm. Lästiges Unkraut unter Getreide, mit langen Grannen. — 4. *A. canina.* Auf Moorboden, mit borstenförmigen Blättern, violetten Ährchen und ganz kurzen Grannen. Blätter bei beiden in der Knospenlage gefaltet (bei den beiden vorhergehenden gerollt). Grundblätter borstenförmig.

4. *Calamagróstis* (*κάλαμος* Schilf, Rohr, agrostis siehe S. 274), Landrohr. Ährchen 1blütig, mit oder ohne behaartes Stielchen als Ansatz einer zweiten Blüte, untere Hüllspelze gröfser, Blütenspelze am Grunde mit *Haaren,* was besonders zur Reifezeit sichtbar. Granne sehr kurz. Grofse, rohrartige, grobe Gräser, Blüten gröfser als bei Agrostis.

A. Ansatz zur 2. Blüte fehlend (nur unter der Lupe zu sehen):

1. *C. lanceolata,* lanzettliches Landrohr. Wurzelstock kriechend, Stengel und Scheiden unten glatt, oberwärts etwas rauh, Blatthäutchen lang, Rispe länglich, schlaff, zur Blütezeit abstehend, violett, Hüllspelzen lanzettlich, *Haare länger als die Spelzen,* Granne *endständig,* gerade, aus einer *sehr kurzen* Ausrandung wenig hervortretend. ♃. Moorige Wiesen, Erlenbrüche. Juli, August. 0,60—1,25 m. Schlechtes Futtergras.

2. *C. epigeios,* Landrohr, Hügelrohr. Wurzelstock kriechend. Pflanze graugrün, Stengel und Scheiden besonders oberwärts rauh, Blätter breit, Blatthäutchen lang. Rispe steif aufrecht, auch *während der Blüte geknäult-lappig,* oft sehr lang, über Winter vertrocknet stehen bleibend, Hüllspelzen lanzettlich, pfriemlich, *Haare länger als die Spelzen.* Granne unter oder aus der Mitte des Rückens hervortretend, gerade. ♃. Sonnige Hügel, sandige Ufer. Juli, August. 1—1,5 m. Befestigt den Sand. Als Futter wertlos.

B. Ährchenachse über die Blüte verlängert, d. h. stielartiger Ansatz zur zweiten Blüte vorhanden, oberwärts pinselförmig behaart.



Fig. 61. Ammophila arenaria. *a* Teil der Scheinähre, *b* Ährchen, bei *c* zerlegt, *d* Vorspelze, *e* die 2 Schüppchen, Staubgefäfse und Fruchtknoten.

3. *C. neglecta (C. stricta),* vernachlässigtes Landrohr. Stengel unter der Rispe rauh. Scheiden glatt. B unterseits grasgrün, glänzend. Rispe schmal, steif, vor und nach der Blüte sehr dicht, zur Blütezeit abstehend. Haare kürzer oder fast so lang als die Spelzen, Granne unterhalb der Mitte des Rückens entspringend, gerade.

♃. Feuchte, moorige Wiesen, Torfsümpfe, zerstreut, aber sehr gesellig. Juni, Juli. 0,60—1 m. — Es gibt noch mehrere Arten, die sich schwer unterscheiden lassen.

5. *Ammóphila* (*ἄμμος* Sand, *φίλος* Freund), Sandgras, Helm. Untere Hüllspelze kleiner, stielförmiger Ansatz zur 2. Blüte an der Spitze pinselartig behaart. Sonst wie Calamagrostis, aber Ährchen viel gröfser.

A. arenaria (A. arundinácea, Psamma arenaria) (Fig. 61), Sand-Helm, Strandhafer, Strandroggen. Wurzelstock weithin kriechend, Blätter eingerollt, weifslich-graugrün, Rispe *ährenförmig, walzlich.* Hüllblätter lanzettlich, spitz, Haare 3mal kürzer als die kurzstachelspitzigen Spelzen. ♃. An der Küste der Nord- und Ostsee und auf Flugsand im Binnenlande. Juli, August. 1 m. Wichtigste Pflanze zum Befestigen der Dünen und daher viel dort angepflanzt. „Durchdringt den Sand mit einem dichten Netz von Rhizomzweigen, das dem stärksten Wogenandrang widersteht.“ (Hackel.)

§ 58.

Gruppe 7. **Avéneae.** Ährchen gestielt, meist *mehr*blütig. Hüllspelzen 2, *grofs,* ganz oder fast ganz die Blüten, wenigstens die unterste, verdeckend. Narben federig, aus dem Grunde der Blüte hervortretend.

1. *Avéna* (Name des Hafers bei Varro), Hafer. Ährchen 2- bis vielblütig, alle zwitterig. Deckspelze an der Spitze 2spaltig oder 2zähnig, auf dem *Rücken* mit einer geknieten, gedrehten Granne. Frucht aufser bei A. flavescens gefurcht.

A. Ährchen, wenigstens nach der Blüte, hängend; Hüllspelzen 5- bis 11nervig.

1. *Avena sativa,* gemeiner Hafer. Rispe gleichmäfsig ausgebreitet. Ährchen 1- bis 3-, meist 2blütig. Hüllspelzen länger als die Blüten, sehr grofs, 7—11nervig; Ährchenachse nur unter der unteren Blüte behaart. Deckspelzen kahl, an der Spitze 2spaltig und gezähnelt, grannenlos oder die untere mit geknieter, hervorragender Granne, weifslich, gelb oder braun. ⨀. Juli, August.

2. *A. orientalis,* türkischer Hafer. Rispe einseitswendig, sonst wie voriger, von dem er nur eine Abart ist. Gebaut. ⨀.

3. *A. brevis,* kurzer Hafer, Kurzhafer. Rispe oft einseitswendig. Ährchen klein, meist 2blütig. Obere Hüllspelze 7nervig. Deckspelze länglich, bisweilen mit 2 kurzen Grannenspitzen, graulich bis schwarzgrau. Achse unter der oberen Blüte stärker büschelig behaart. Unter anderem Hafer, selten.

4. *A. strigosa,* Rauh- oder Sand-Hafer. Rispe oft einseitswendig, oberwärts traubenförmig. Obere Hüllspelze 7—9nervig. Deckspelze an beiden Blüten begrannt, mit geknieter Granne, an der Spitze 2spaltig, mit 2 deutlichen Grannenspitzen, zuletzt graulich bis schwarzgrau, selten weifs, sonst wie sativa. Gebaut oder unter anderem Hafer, ziemlich selten.

5. *A. nuda,* nackter Hafer. Rispe grofs. Ährchenachse verlängert, dünn. Ährchen 3—6blütig, klein. Korn aus den Spelzen herausfallend. Selten gebaut.

6. *A. fátua,* Flug- oder Windhafer. Rispe grofs, ausgebreitet. Ährchen meist 3blütig. Obere Hüllspelze 9nervig. *Deckspelze* lanzettlich, an der Spitze gezähnt, 2spaltig, auf dem Rücken mit starker, geknieter Granne, braun, vom *Grunde bis zur Mitte borstig behaart.* Ährchenachse rauhhaarig. ⨀. Unkraut unter Getreide, besonders Hafer. Vielleicht Stammpflanze unseres Hafers, aber die von den Spelzen umgebene Frucht leicht herausfallend.

B. Ährchen *aufrecht,* Hüllspelzen 1—3nervig. (Wiesenpflanzen.)

7. *A. pubéscens,* weichhaariger Hafer. Horst locker, mäfsig grofs, mit zahlreichen Halmen und bogig aufsteigenden Ausläufern. *Blätter flach, die unteren nebst den unteren Scheiden zottig.* Rispe etwas zusammengezogen, fast traubig, kürzere Äste mit 1, längere mit 2 Ährchen, untere zu 5; Ährchen 2—3blütig. Ährchenachse unter jeder Blüte behaart. *Deckspelze nach der Spitze silberig, trockenhäutig.* Granne braun oder hübsch purpurrot.

♃. Früh, Mai, Juni. 0,30—1 m. Auf nicht zu feuchten Wiesen, am liebsten auf Mergel und humosem Lehm, auch auf Moor mit Kalkunterlage. Erträgt Bewässerung gut und gibt dann auch Obergras, während er sonst mehr als

Untergras anzusehen ist. *Wert:* 2. Güte, auf trockenem Boden hart und wenig ertragreich.

8. *A. pratensis,* Wiesen-Hafer. Horst klein, dicht. Graugrün, Blätter schmal zusammengefaltet, *knorpelig berandet,* lang, steif, *oberseits sehr rauh, nebst den Blattscheiden kahl,* Rispe *zusammengezogen, traubig,* untere Äste zu 2, *obere einzeln,* alle ein einzelnes (seltener 2) Ährchen tragend. Ährchen 4- bis 5blütig. ♃. Juni, Juli. 0,30—0,60 m. Wert gering. Untergras. Seltener als A. pubescens. Sonnige Hügel, trockene Wälder, seltener auf trockenen Wiesen, sehr zerstreut, doch sehr gesellig. Selten in der Nähe der Ostseeküste und überhaupt im Nordosten. Hat nach Aschersons briefl. Mitteilungen ganz ähnliche Standorte wie die Küchenschelle, *Pulsatilla pratensis* (Ranunculaceae), für die auch der Name pratensis (Wiesen) nicht pafst.

2. *Trisétum,* Dreiborste. Deckspelze 2spitzig, auf dem Rücken mit geknieter Granne. Fruchtknoten kahl, Frucht nicht gefurcht, frei. Sonst wie Avena.

T. flavéscens, Goldhafer (Avena flavescens, Fig. 62 und 63). Besonders der ungefurchten Frucht wegen als eigene Gattung Trisetum von Avena, die gefurchte Früchte hat, abgetrennt. — Horst ziemlich locker, nicht ganz eben. Seitentriebe zwar intravaginal, aber früh die Scheide durchbrechend. Halm 40—60 cm hoch, mitunter an den Knoten rückwärts behaart. Untere Scheiden alle *zottig,* Haare herabgebogen, seltener kahl, Blatthäutchen kurz, Spreite vielnervig, mit 20 bis 25 Nerven, davon im durchfallenden Licht 5 als weifse Streifen sichtbar, oberseits zottig behaart. Rispe schmal eiförmig, ca. 13 cm lang, Äste unten zu 5—7, fein, selbst zur Blütezeit nicht ganz horizontal abstehend, längere Äste 5—6 Ährchen tragend. Ährchen klein, zur Blütezeit blafsgrün und gelblich gescheckt, später glänzend gold- oder lehmgelb, meist 3—4blütig. Untere Hüllspelze 1nervig, kürzer, obere 3nervig, fast so lang als die 1. Blüte. Deckspelze 5nervig, an der Basis (an der Achse) mit einem Haarbüschel, mit 2 kurzen, grannenförmigen Spitzen und *auf dem Rücken* mit einer langen, geknieten Granne. Daher Trisetum flavescens, gelbliche Dreiborste, genannt. Alle Spelzen mit weifsem Hautrande. Ährchenachse behaart. Schüppchen schmal, abgestutzt oder gezähnelt, fast so lang wie der eiförmige, kahle Fruchtknoten. Staubbeutel hellgelb, Narben federig, weifs. Blüte mittelfrüh, protandrisch. ♃. Juni, Juli.

Same des Handels: Die einzelnen *Blütchen,* selten die nackte, *un*gefurchte Frucht. Von Aira flexuosa, die sehr oft als Verfälschung dient, durch die *rücken*ständige Granne (nicht grundständige) unterscheidbar. (S. S. 281.)

Standort: Liebt frischen Mergel- und Kalkboden, kalkhaltigen Lehm, warmen, fruchtbaren Sand und entwässerten Humus. Vom Meere bis hoch in den Alpen, auf Bergwiesen aber häufiger. Für Dünger sehr empfänglich, ebenso für Bewässerung; stauende Nässe erträgt er nicht. An manchen Stellen Nord-

deutschlands nach Weber wahrscheinlich durch Ansaat oder Verschleppung angesiedelt. — *Wert:* Vortreffliches Untergras, wächst gut nach und gibt in beiden Schnitten ein vorzügliches, feines Futter, wenn auch nicht in grofsen Quantitäten. Leider ist der Same selten echt zu haben und sehr teuer. Er sollte aber nach Stebler möglichst in jeder Mischung für Dauerwiesen vorhanden sein, wenigstens zu 2—3 %.

3. *Arrhenátherum* (ἄῤῥην männlich, ἀϑήρ Granne), Wiesenhafer.

Ährchen 2blütig; Hüllspelzen kürzer als die Blüten, untere Blüte männlich, auf dem Rücken mit langer, geknieter Granne, obere zwitterig, unter der Spitze mit kurzer, gerader Granne, öfter jedoch grannenlos. Sonst wie Avena.



Fig. 62. Trisetum flavescens. *a*, *c* Ährchen, *b* Ährchenachse, *d* Frucht mit der begrannten Deckspelze. (Nach Garcke.)



Fig. 63.
Trisetum flavescens, blühend.

A. elátius (*Avena elatior*), hoher Wiesenhafer, Glatthafer, französisches Raigras, in der Schweiz *Fromental* (Fig. 64). Horst grofs, locker, kürzere Ausläufer mit vielen, langen Wurzelblättern.

Halm sehr hoch, glatt und glänzend. Scheiden öfter etwas rauh. Blätter stets etwas rauh. Spreite nahe dem Grunde mit kräftig vorspringendem 3kantigem Kiel, im Gegensatz zu Bromus mollis und racemosus. Rispe zur Blütezeit ausgebreitet, silberig schimmernd, vor- und nachher sehr zusammengezogen. Ährchen mittelgrofs, untere Hüllspelze halb so lang als die obere. ♃. Juni, Juli. 0,60—1,15 m.

Liebt sehr fruchtbaren, trockenen, warmen, humusreichen Kalk oder mergeligen Lehm, sowie frischen, lehmigen Sand und ist mit Recht in der Schweiz als *Typus* der gras- und kleereichen, etwas trockeneren Wiesen mit mildem, humosem Lehmboden hingestellt, kann auch bei uns als solcher gelten. — Geht in der Schweiz nach Stebler selten über 900 m, gedeiht also hauptsächlich in den fetten Talwiesen, bildet dort den erwähnten Typus und macht 20 bis 50% des Bestandes aus. Nach oben schliefst sich an ihn der Agrostis vulgaris-Typus. Gegen rauhes Klima und rauhe Lagen ist das französische Raigras empfindlich, gedeiht aber auf besandeten Moordämmen gut, zumal es Kali und Phosphorsäure nebst Kalk liebt. — Blüht ziemlich früh, Ende Mai, Anfang Juni, gibt auch



Fig. 64. Arrhenatherum elatius.
a Blühendes Ährchen, *b* Frucht.
(Nach Garcke.)



Fig. 65. Aira caespitosa.
a Halm, *b* Ährchen, *c* Blütchen, *d* Staubgefäfse und Fruchtknoten, *e* Frucht.
(Nach Garcke.)

guten Nachwuchs, der oft noch wieder in Blüte schiefst. Gibt schon im 1. Jahre bedeutenden Ertrag, oft 3—4 Schnitte, im zweiten Jahr ist der Ertrag am höchsten, mit dem 3. nimmt er ab. Bewässerung: für Berieselung geeignet, stauende Nässe erträgt es nicht. Sehr gutes *Obergras*; wenn nicht zu spät geschnitten, treffliches, reichliches Futter; ***allein*** gebaut soll das Futter bitter sein.

4. *Aira* [sprich: Eira], (auch Aera, Name eines Unkrautes bei Theophrastos), Schmele oder Schmiele. Ährchen 2blütig, Deckspelze abgestutzt, 4zähnig, an der *Basis* des Rückens begrannt. B im Triebe gefaltet.

1. *A. caespitósa* (Deschampsia c.), Rasen-S. (Fig. 65). Horst grofs, polsterförmig. Blätter flach, fast alles Wurzelblätter, sehr lang, bis 30 cm und mehr, oberseits mit *sehr starken Nerven* und rückwärts *sehr rauh,* gegen das Licht gehalten mit etwa 6 weifsen Streifen. Blatthäutchen lang, spitz.

Halm sehr hoch. *Rispe sehr grofs,* weitschweifig, breit pyramidenförmig. Äste etwas geschlängelt, sehr lang, untere zu 5—7. Ährchen klein, silberig glänzend oder gescheckt. Hüllspelzen so lang wie das Ährchen. Blüten an der Basis behaart. Deckspelze an der Spitze abgestutzt, 4zähnig. Granne *an der Basis* befestigt, borstenförmig, nicht hervortretend.

♃. Auf schlechten, moorigen Wiesen, an Gräben. Juni, Juli. Bis 1,25 m. Grobes, hartes Gras, das aber doch, wie Verf. sich überzeugte, auch bei uns so gut wie in der Schweiz jung vom Weidevieh gefressen wird. Trotzdem ist es, wie Weber mit Recht sagt, wegen seines stark „bültigen“ Wuchses als Unkraut anzusehen.

2. *A. flexuósa,* geschlängelte Schmele, Drahtschmele. Horst dicht, Triebe intravaginal, nur feine, borstenförmige Wurzelblätter entwickelnd, viele Jahre dauernd, von unten her allmählich absterbend. Halm aufrecht, dünn. Rispe ausgebreitet. Äste und Zweige meist geschlängelt, oft rötlich. *Ährchen grofs,* 2blütig, hellbräunlich, silberig-trockenhäutig. Hüllspelzen ungleich, die untere etwas kürzer. Deckspelze bräunlich-gelb, an der Basis fein weifslich behaart und *eben* über *der Basis* mit einer *geknieten,* hervortretenden *Granne.*

♃. Trockene Waldränder, besonders in Nadelwaldungen und Schonungen massenhaft, den Typus der Aira flexuosa bildend. 40—60 cm. Als Futter wertlos. Der Same dient als Verfälschung des Goldhafers, bei welchem die Granne aber in der Mitte befestigt ist.

5. *Weingaertnéria* (nach Konrektor Weingärtner, welcher zu Anfang des 19. Jahrh. bei Erfurt botanisierte), Silbergras. Deckspelze nicht gezähnt. Granne kurz, oberwärts *keulen*förmig, in der Mitte mit einem behaarten Knoten, sonst wie Aira. *W. canéscens (Aira canescens, Corynéphorus* [d. h. keuletragend] *canescens*) (Fig. 66), graues Silbergras, Bocksbart, Schindermann. Dicht rasenförmig, Horst aber nur lose verbunden, graugrün. Blätter zusammengefaltet, borstlich. Scheiden unterwärts rosa, oft purpurn. Rispe nur zur Blütezeit spreizend. Staubbeutel dunkelbraun. 1,5—3 dm. Juni, Juli. ♃. Auf dem traurigsten Sandboden.

6. *Holcus* (Name eines Grases bei Plinius), Honiggras. Ährchen als *Ganzes* abfallend, 2blütig, obere Blüte männlich. Hüllspelzen gekielt, flach, länger als die Blüten.

1. *H. lanátus,* wolliges Honiggras (Fig. 67). Horst dicht, polsterförmig, graugrün, Halm aufrecht, am Grunde gekniet, an und unter den Knoten nebst den Blattscheiden behaart. Rispe nur zur Blütezeit ausgebreitet, rötlich oder violett überlaufen. Blätter weichhaarig, im durchfallenden Licht mit 6—10 weifsen Streifen. Blatthäutchen mäfsig lang. Hüllspelzen ziemlich grofs, weifslich, oft hellpurpurn überlaufen. Die *obere* männliche Blüte mit kurzer, *eingeschlossener* oder wenig hervortretender, *zuletzt hakenförmig einwärts gebogener Granne.*

♃. Treibt früh und erfriert leicht, blüht Anfang Juni, zuweilen schon Mitte Mai, und zur Zeit der Heuernte fallen die reifen Ährchen leicht ab, daher Hauptbestandteil der sog. „Heublumen“ (Samen), nach Stebler mitunter bis 50 %. Auf allen Bodenarten, liebt besonders feuchtes Klima und verliert hier auch etwas von der starken Behaarung, die es dem Vieh unangenehm macht. Von geringem Wert und schwer zu mähen wegen der polsterförmigen Horste, doch reich im Ertrage. Nur auf armem Boden, sowie auf Moor, wo bessere Gräser nicht gut gedeihen, zu empfehlen. Wird vom Weidevieh in den Marschen nach Weber meist gemieden (Arb. d. D. L.-G., Heft 61, S. 87).



Fig. 66. Weingaertneria canescens. *a* vor, *b* zur Blütezeit; *c* Ährchen; *d* Deck- und Vorspelze, erstere mit der Keulengranne *e* am Grunde; *f* Staubgefäſse und Fruchtknoten.



Fig. 67. Holcus lanatus. *a* Ährchen, bei *b* dessen Hüllspelzen abgetrennt, darüber die 2 Blütchen. *c* Staubgefäſse und Fruchtknoten. (Nach Garcke.)

2. ***H. mollis,*** weiches Honiggras. Lange, fast queckenartige ***Ausläufer*** treibend, schlanker als voriges. Halm unten stark gekniet, oft liegend, dann aufrecht, hoch. Nur die Knoten, besonders die unteren, mit rückwärts gerichteten, abstehenden Haaren. Obere Blätter und Blattscheiden ***kahl.*** Untere Blatthäutchen kurz, obere länger; Blattspreite mit ca. 7 Hauptnerven, meist kurz. Rispe vor und nach der Blüte zusammengezogen. Hüllspelzen, an der Basis oft violett, untere mit 1, obere mit 3 starken Nerven. Blüten 2, wie bei H. lanatus die obere verkümmert (nicht immer rein männlich, wie gewöhnlich angegeben, sondern öfter auch rein weiblich), unten an der Basis der Spelzen behaart, unter der Spitze mit einer ***hervortretenden,*** später ***geknieten*** Granne. ♃. Juli, August. 50—100 cm. In Wäldern und an Feldrändern, oft auch auf moorigem Boden. Wertlos, höchstens zur Befestigung von Sand und Moor. Geht hoch ins Gebirge.

7. *Sieglingia.* Ährchen 3- bis 5blütig, oberste Blüte verkümmert. Hüllspelzen > Blüten. Deckspelze an der Spitze 3zähnig (daher auch Triodia genannt), Ährchenachse zerbrechlich. *S. decúmbens,* liegende Sieglingie (Fig. 68). Stengel anfangs im Kreise niederliegend, später aufrecht. Blätter und Scheiden gewimpert. Rispe traubig. Innere Spelze am Grunde mit 2 grofsen Schwielen. ♃. Moorige, trockene Wiesen, zerstreut, aber gesellig. Juni, Juli. 1,5—3 dm.

Gruppe 8. **Chlorideae,** enthält keine wichtigen einheimischen Wiesengräser. Hierher gehören: Cynodon Dactylon, fast kosmopolitisch, in Nordamerika Weidegras; Bouteloua und Buchloe, Präriengräser daselbst; Eleusine Coracana, in Ostindien und Afrika wichtiges Getreide (z. B. zur Bierbereitung).

§ 59.

Gruppe 9. **Festuceae.** Ährchen gestielt, Hüllspelzen *kürzer* als die nächste Deckspelze, sonst wie Gruppe 7.

1. *Phragmites,* Schilfrohr, Dachrohr. Ährchen 3—7-blütig, unterste Blüte männlich oder geschlechtslos, unbehaart, die übrigen zwitterig, mit langen, von der Achse entspringenden Haaren. Deckspelze lang zugespitzt, unbegrannt, auf dem Rücken zusammengedrückt. Narben sprengwedelförmig. *Ph. communis,* gemeines S. Das gröfste unserer Gräser. 1—3, selten bis 9 m hoch. Grundachse verzweigt, oft Ausläufer treibend, mitunter die Laubstengel bis 10 m lang kriechend. Blätter breit, am Rande messerartig scharf. Rispe dunkelbraun, violett überlaufen. ♃. Am Wasser. Jung gemäht ein mäfsiges Futter. Samen selten keimfähig, in Lehm einzukneten und zu versenken. Besser gelingt die Anpflanzung durch Einsetzen von Wurzeln, Bülten oder Stecklingen etc. (Illustr. Landw. Zeitg. 1902, No. 35, Deutsche Landw. Presse 1902, No 40).

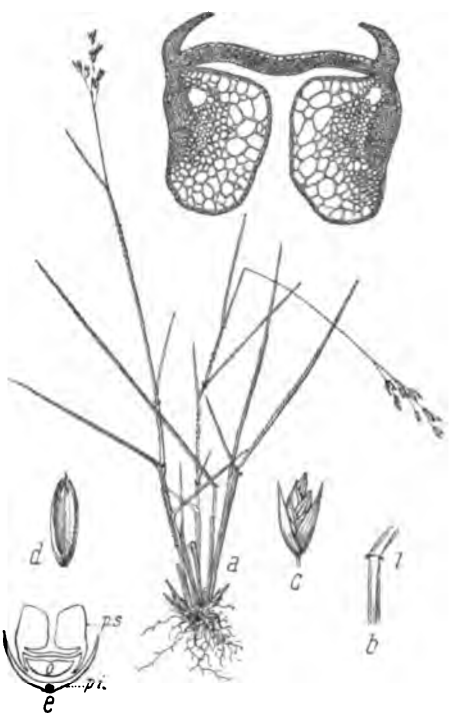


Fig. 68. Sieglingia decumbens. *a* Pflanze; *b* Blattscheide; *c* Ährchen; *d* Frucht; *e* Grundrifs der Blüte: *pi* äufsere Spelze, *ps* innere Spelze mit den 2 Schwielen, letztere oben stärker vergröfsert.

2. *Mélica,* Perlgras. Die untersten 2 Blüten oder nur 1 fruchtbar, die folgenden sterilen zu einem knorpeligen Köpfchen vereinigt. *M. nutans,* nickendes Perlgras. Grundachse weit kriechend. Ährchen in einseitswendiger Traube, hängend, braun, trockenhäutig. ♃. Laubwälder, zerstreut. Juni, Juli. *M. uniflóra,* einblütiges Perlgras. Rispe schlaff, einseitswendig. Ährchen nicht trockenhäutig, nur mit 1 fruchtbaren Blüte. ♃. Schattige Laubwälder, besonders unter Buchen. Mai, Juni. *M. ciliata,* gewimpertes Perlgras. Rispe dicht ährenförmig. Deckspelze lang zottig gewimpert (Fig. 69). ♃. Zerstreut auf steinigen Hügeln in Mittel- und Süddeutschland.



Fig. 69. *1* Melica ciliata. *2* M. nutans. *1a* Rispe, *1b* Ährchen, *1c* reifes Ährchen, *1d* Staubgefäfse, *1e* Fruchtknoten und Narben. *1f* Frucht. *2a* Ährchen, *2b* dessen knorpeliges Köpfchen.

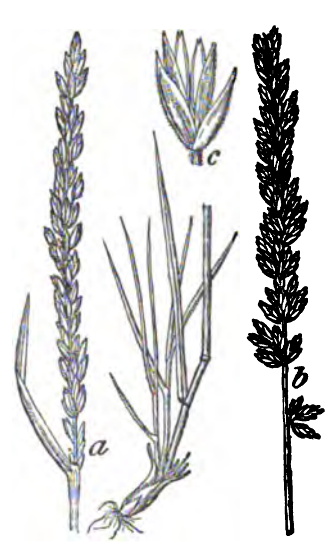


Fig. 70. Koeleria cristata. *a* Scheinähre vor, *b* während der Blüte; *c* Ährchen.

3. *Koeléria* (nach Koeler, Professor in Mainz, 1802). Deckspelze zusammengedrückt gekielt. Rispe ährenförmig. *K. cristata,* kammförmige Koelerie (Fig. 70). Grasgrün. Alle Blätter und Scheiden oder nur die unteren gewimpert. Ährchen glänzend, gelblich-weifs. Deckspelze zugespitzt. ♃. Trockene Wiesen. Juni, Juli. *K. glauca,* graugrüne Koelerie. Pflanze bläulich-grün. Blatt starr, schmalrinnig. Deckspelze stumpf. Dürre Sandfelder. In der Tracht ähnlich wie Weingaertneria canescens, S. 281.

4. *Sesléria* (nach Leonardo Seslero, Arzt in Venedig, Zeitgenosse Linnés; schrieb über die Naturgeschichte des adriatischen Meeres. Carl

v. Linné lebte von 1707—1778). Rispe ährenförmig, ihre Zweige meist 2zeilig. Ährchen meist 2blütig. Hüllspelze so lang als die 1. Deckspelze (also a. d. Grenze zwischen Aveneae und Festuceae). Blätter starr, in der Knospenlage gefaltet. *S. coerúlea,* blaue Seslerie, Gilzgras. Blätter plötzlich zugespitzt. Ährchen gelblich-weifs, blau überlaufen. Grundachse meist kriechend, durch die Verzweigungen einen dichten Rasen bildend. ♃. Sonnige *Kalkhügel,* Mittel- und Süddeutschland.

5. *Briza* (gr. Name einer Getreideart bei Galenos, wahrscheinlich Roggen), Zittergras. Ährchen 3- bis vielblütig, herzförmig rundlich, von der Seite zusammengedrückt. Hüll- und Deckspelzen gewölbt, muschelförmig, letztere am Grunde herzförmig ausgeschnitten.

B. media, mittleres Zittergras. Halm aufrecht. Blätter schmal, Blatthäutchen kurz, gestutzt. Rispe aufrecht, zierlich, violett und weifslich gescheckt. Gutes, feines Untergras. Auf allen Bodenarten, auch Moor, am ertragreichsten auf feuchten Wiesen. Same leider meist nicht im Handel. ♃. Mai, Juli.

6. *Poa* (*πόα* Gras oder Kraut), Rispengras. Ährchen 2- bis vielblütig, eiförmig, klein, platt. Deckspelze seitlich zusammengedrückt, auf dem Rücken *gekielt.* Die Blüten, bezw. die sog. Samen können daher nicht auf dem Rücken liegen. Äste wie bei Festuca 3seitig, meist nur auf 2 Seiten Zweige tragend. Deckspelzen unterwärts meist mit Zotten, welche den Zwischenraum zwischen den Blüten ausfüllen. Vorspelze 2spaltig. *Blätter* im Triebe *gefaltet. Blattscheiden* offen, aber an den *Trieben geschlossen.*

I. Einjährig.

1. *P. ánnua,* einjähriges Rispengras. Blatthäutchen an jungen Trieben grofs (1 mm), Spreite kurz, breit, plötzlich in eine breite, kappenförmige Spitze zusammengezogen, unterseits meist glanzlos. Rispe meist mit 1 grundständigen Ast. Untere Hüllspelze viel kürzer. Dichte Einzelrasen, zuweilen mit kurzen Ausläufern. In Gärten und auf Strafsen, auf kahlen Stellen der Wiesen. Bis jetzt nicht benutzt, könnte aber, da es vom ersten Frühjahr bis zum spätesten Herbst blüht und aufserordentlich widerstandsfähig gegen Kälte ist, vielleicht in Kultur genommen werden, zumal es nach Weber in den westdeutschen Marschen auch mehrjährig ist.

II. Ausdauernd. **a)** Untere Rispenäste zu 1—2.

2. *P. bulbósa,* zwiebeliges Rispengras. Stengel und Laubtriebe am Grunde von harten, umhüllenden Scheiden zwiebelig verdickt. Unter Bäumen. Bei der var. *vivípara,* die viel häufiger ist als die Stammart, wachsen die Ährchen in blättertragende Pflänzchen aus. Trockene Wälder, Parkanlagen, Triften.

b) Untere Rispenäste meist 4, selten weniger, Deckspelzen mit *schwachen* Nerven.

3. *P. nemoralis,* Hain-Rispengras. *Blattscheiden kürzer als die Halmglieder,* die *oberste kürzer als ihr Blatt.* Halmknoten entblöfst. *Blatthäutchen sehr kurz,* fast fehlend. Rispenäste rauh. Ährchen klein, 2—5 blütig. ♃. Wälder, Gebüsche, besonders auf trockenem Boden. Juni, Juli. 3—10 dm.

Für Wiesen nicht in Betracht kommend, aber als eines der wenigen feinen Gräser, welche *Beschattung ertragen;* für *Parkanlagen,* Obstgärten etc. höchst wichtiges *Untergras.*

4. *P. serótina (P. palustris), spätes* oder *Sumpf*-Rispengras. Horst hoch, mit zahlreichen, an den Knoten oft wurzelnden Halmen. Spreite schlaff, unterseits meist glanzlos. Blatthäutchen *länglich,* spitz. Deckspelzen meist ohne Zotten. Sonst wie P. nemoralis. ♃. Juli. 3—6 dm.

Treibt *sehr spät,* blüht erst Ende Juli, gibt aber guten und reichlichen Nachwuchs. *Standort:* Feuchte, fruchtbare Wiesen, auch auf Moorboden zerstreut und für Moorwiesen sehr geeignet. Leider ist der Same noch wenig im Handel zu haben, doch erhält man ihn jetzt von Dänemark aus in gröfserer Menge. *Bewässerung* erträgt es sehr gut, auch stauende Nässe. *Wert:* Gras erster Güte, besonders im zweiten Schnitt ertragreich. *Untergras.*

5. *P. compressa,* zusammengedrücktes Rispengras. Stengel zweischneidig zusammengedrückt, knickig, graugrün, lange Ausläufer treibend. Blätter schmal. Blatthäutchen kurz, gestutzt. Rispe schmal-länglich. Rispenäste rauh, die unteren zu 1—4. Ährchen 5—8 blütig. Sonnige Hügel, besonders auf Lehm und Kalk, gern auf Mauern. Der Same kommt öfter aus Nordamerika als oder unter P. pratensis. Unterscheidet sich von dieser besonders durch die *schwachen* Nerven der *stumpfen,* oben am Rande weifs-trockenhäutigen Deckspelze.

c) Untere Rispenäste zu 3—5, Deckspelzen mit 5 *starken* Nerven, kahl oder unterwärts auf dem Rücken mit zottigen Haaren besetzt.

6. *P. trivialis,* gemeines Rispengras. Horst locker, ausgebreitet. Triebe extravaginal, teils aufsteigend, teils *über* dem Boden hinkriechend und dann an den Knoten einen neuen Laubtrieb erzeugend. *Halm* gekniet aufsteigend, rückwärts *rauh. Blattscheiden rauh. Blatthäutchen,* besonders an den Halmblättern, *lang und spitz.* Blattspreite mit 5 Hauptnerven, unterseits glänzend, nach oben allmählich verschmälert, mit kleiner, kappenförmiger Spitze. Rispe eiförmig, blafsgrün. Ährchen 3—4 blütig. Deckspelzen am Grunde mit verbindenden Zotten. ♃. Juni, Juli. 3—10 dm.

Auf feuchten, fruchtbaren Wiesen überall, bildet auf feuchtem Boden oft typische Bestände, zumal in den Küstenlandschaften (Weber). Für Bewässerung sehr geeignet, besonders als Untergras, den Boden dicht bedeckend, aber im



Gebirge (nach Schröter) oft mit seinen Ausläufern einen lästigen Filz bildend. Nach Stebler ist es wenig ergiebig und verdient keinen Ruhm. Der Nachwuchs im 2. Schnitt ist nach Weber *äufserst* gering. Gedeiht auch unter Bäumen und ist für schattige Rasenflächen von Frankreich aus empfohlen.

7. *P. pratensis,* Wiesen-Rispengras (Fig. 71). Horst locker, weit ausgebreitet, eben, mit zahlreichen *unterirdischen Ausläufern,* aufserdem mit intravaginalen, sich sofort nach oben wendenden Trieben, welche mit ihren Mutterhalmen Teilhorste bilden. Halm aufrecht, *glatt.* Laubtriebe 2schneidig. Blattscheiden *glatt,* auf der vorderen, dem Mittelnerv gegenüber liegenden Seite mit tiefer Einfaltung. *Blatthäutchen kurz,* gestutzt. Blattspreite mit 7 Hauptnerven, unterseits glänzend, nach oben wenig verschmälert, mit breiter, kappenförmiger Spitze. Rispe pyramidal, blaugrün oder violett überlaufen. Ährchen 3—5blütig. Deckspelzen am Grunde und auf dem Rücken mit verbindenden Zotten. Kommt mit breiten und schmalen Blättern vor, letztere in der Nachmahd oft $^1/_2$—$^2/_3$ m lang. ♃. Juni, Juli.



Fig. 71. Poa pratensis.
a Ährchen, bei *b* nach Beseitigung der Hüllspelzen, *c* Blütchen, *d* Fruchtknoten.
(Nach Garcke.)

Auf fast allen Bodenarten, liebt aber etwas trockeneren Stand als P. trivialis, gedeiht trotzdem ausgezeichnet auf Rieselwiesen, dort oft Obergras, auf Moorwiesen treffliches Untergras. Eins der vorzüglichsten, lange Jahre bleibenden Gräser, das im Ertrag mit den Jahren sehr zunimmt. Bildet nach Weber auf mäfsig feuchtem Boden, zumal im Küstenklima, oft einen besonderen Bestandtypus.

8. Die gröfste Poa ist das *Tussock-* oder *Tussack-Gras* von den Falklandsinseln, Feuerlands- und den Kerguelen-Inseln, P. flabellata, bildet bis 2 m hohe, riesige Rasen mit fächerförmig gestellten Blättern. Nur für sehr feuchtes Sommerklima.

7. *Glycéria* (*γλυκερός* süfs, wegen der wohlschmeckenden Samen von G. fl. u. plic.), Schwaden. *Blattscheiden geschlossen, Blätter gefaltet,* Ährchen 4—11blütig. Deckspelze länglich, *gewölbt, stumpf,* 5—7nervig, unbegrannt. Hüllspelzen 1nervig.

1. *G. aquática (G. spectábilis, Poa aquatica),* Wasser-Schwaden, echtes Mielitz. Hellgrün. In der Blüte vom Aussehen eines riesigen Rispengrases, aber mit hohem, steif aufrechtem, *plattem,* schilfartigem Halm. Wurzelstock weit kriechend. Blätter breit, gegen das Licht gehalten wie

die Blattscheiden mit vielen Queradern. *Blatthäutchen breit, mit spitzem, grannenartigem Zahn. Rispe gleichmäfsig ausgebreitet, weitschweifig, sehr ästig. Ährchen klein,* wie bei Poa, 5—9 blütig. Deckspelze stumpf, mit 7 hervortretenden Nerven (nicht 5, wie bei vielen Poa-Arten). ♃. Am Rande von Gewässern und im Wasser. Juli und August.

Nach dem Schilfrohr das *gröfste deutsche Gras*, 1,25—2 m hoch. Besonders in den Gräben der Marschen häufig, aber auch an den Flufsniederungen stets in grofsen Beständen. Im Havel-, Spree-, Warthe- und Oderheu sehr häufig und als „echtes Mielitzgras" von den Heuhändlern sehr geschätzt vielleicht überschätzt. Jung geschnitten ein vorzügliches Futter für Rindvieh und Pferde. Wird jetzt mitunter auf besandeten Moorwiesen angebaut. („Havelmielitz" s. S. 267.) Öfter sind die Blätter in langen schwarzen Streifen mit einem Brandpilz, Ustilago longissima, besetzt.



Fig. 72. Glyceria fluitans. *a* Ährchen, *b* Blütchen. (Nach Garcke.)

2. *G. flüitans,* flutendes Süfsgras, Schwaden- oder Mannagras (Fig. 72). Wurzelstock kriechend, Ausläufer treibend. Halm aufsteigend, unterwärts platt, Knoten kurz, wenig hervortretend. *Blattscheiden* sehr lang, oft über den nächsten Knoten hinaufragend. *Blatthäutchen derb, sehr lang, zerschlitzt,* obere spitz. Blattspreite kurz zugespitzt, besonders unterseits gegen die Spitze rauh. Rispe *traubenförmig,* lang und schmal. Äste vor und nach der Blüte an die Hauptachse angedrückt, zur Blütezeit *einseitswendig* rechtwinkelig abstehend, untere meist zu 2, obere sehr kurz. *Ährchen sehr lang,* lineal, 7- bis 11 blütig, hellgrün. Hüllspelzen ungleich, untere sehr kurz, beide stumpf. Blüten länglich. Deckspelze länglich, 7 nervig, an der Spitze weifslich, unbegrannt. Vorspelze bleich, mit 2 grünen Nerven. Staubbeutel violett. Frucht nackt, schwarzbraun.

♃. An Gräben, Flüssen. Juni, September. Ein vorzügliches Gras auf nassen Wiesen, neuerdings daher für Moorwiesen empfohlen. Liefert die sogen. *Schwadengrütze* oder *Mannagrütze, Frankfurter Schwaden.*

3. *G. plicáta,* gefaltetes Süfsgras. Stengel schlaff, Rispe nicht einseitswendig, untere Äste zu 3—5, sonst wie voriges. Gern an Quellen; oft übersehen. — Beide zeigen gutes Rieselwasser an.

8. ***Molínia*** (nach dem Missionar Molina in Chile, um 1800), Steifhalm, Molinie. Ährchen stielrundlich, 2—5 blütig. Deckspelzen gewölbt, stumpf, 5 nervig, von der Vorspelze, besonders zur Fruchtreife, etwas abstehend. Narben purpurn.

M. coerúlea, blauer Steifhalm, blaues Pfeifengras, Pfeifenräumer, in der Schweiz Besenried. Horstbildend. Triebe intravaginal. Wurzeln wellig gebogen. Halm steif aufrecht, *scheinbar ganz ohne Knoten,* am Grunde gleich über der Wurzel mit mehreren dicht übereinander stehenden Knoten, zwischen denen ein etwas längeres Internodium birnförmig angeschwollen ist (Speicherinternodium nach Schellenberg, Ber. d. schweiz. bot. Gesellsch. 1897), nur am Grunde beblättert, aber die Blätter, wie Schellenberg nachgewiesen, mit sehr langen Scheiden, damit die Spreiten mehr ans Licht kommen. Rispe *etwas zusammengezogen.* Ährchen oft *schieferblau,* daran leicht zu erkennen.

♃. Auf Torfboden, Heidemooren, moorigen Wiesen und in Wäldern, bildet auf anmoorigem Sande und auf Moorboden, seltener auf reinem Sande einen sehr charakteristischen Bestand (Molinétum nach Stebler und Schröter, Molinia-Typus nach Weber). Spät, August, September. Im Gebirge niedrig, in der Ebene bis 1,50 m. Als Futter gewöhnlich für wertlos gehalten, aber nach der „Flora von Brandenburg“ des Ökonomie-Kommissionsrats Schramm 1857 bei Brandenburg als kräftiges Futter bekannt; als Streu beliebt und in der Schweiz, wo grofser Mangel an Streu, deswegen gebaut. Läfst sich im Herbst, nachdem die Blätter sich zumeist fast feuerrot gefärbt haben, leicht zusammenrechen, da sich der Halm mit den Blattbüscheln leicht an den Knoten abgliedert. Heifst in der Mark „Flunkerbart“.

§ 60.

Festuceae. (Fortsetzung.)

9. ***Dáctylis*** (bei Plinius Name einer Weintraubensorte; ob von δάκτυλος, Dattel?), Knaulgras. Ährchen 3—6 blütig, geknäuelt. Hüllspelzen ungleich. Deckspelzen auf dem Rücken *zusammengedrückt gekielt* (die Samen können daher nicht auf dem Rücken liegen), *stachelspitz* oder kurz begrannt. Stengel platt zusammengedrückt. *Blattscheiden geschlossen.* Blätter *gefaltet.* Rispe nach dem Festuca-Typus, d. h. mit 3 kantiger Achse, die nur auf 2 Seiten abwechselnd Äste trägt, daher einseitswendig.

1. *D. glomeráta,* gemeines Knaulgras (Fig. 73 u. 74). Wurzelstock faserig. Horst dicht, mit sehr zahlreichen, bläulich-grünen, deutlich 2 zeiligen Blättern, kein geschlossener Rasen. Triebe intravaginal, fächerartig. Halm unterwärts platt, meist 2 schneidig, Knoten stark. Blattscheiden in der unteren Hälfte *geschlossen, Blatthäutchen sehr lang, spitz* oder zerrissen. Blattspreite sehr lang und schlaff, rückwärts sehr rauh, gegen das Licht gehalten mit vielen weifsen Streifen. *Rispe ein-*

seitswendig, bis 13 cm lang, fast stets aufrecht, dicht büschelig, lappig geknäuelt, mit 7—8 Hauptästen, davon der unterste sehr lang und abgerückt. Äste am Grunde mit Quellpolster und daher besonders zur Blütezeit abstehend oder zurückgeschlagen. Ährchen länglich-eiförmig, dicht gedrängt, oft purpurn überlaufen, besonders im Gebirge; 3—5blütig. Hüllspelzen lanzettlich, zugespitzt, untere 1nervig, obere 3nervig, auf dem Kiel steifhaarig kurz bewimpert. Deckspelze wenigstens am Grunde undeutlich 3- oder 5nervig, lanzettlich, grün, auf dem Kiel steif bewimpert. Vorspelze spitz, 2zähnig. Staubbeutelhälften parallel, am Grunde nur wenig getrennt.



Fig. 73. Dactylis glomerata. *a* Halmstückchen mit Blatthäutchen, *b* Ährchen. (Nach Garcke.)

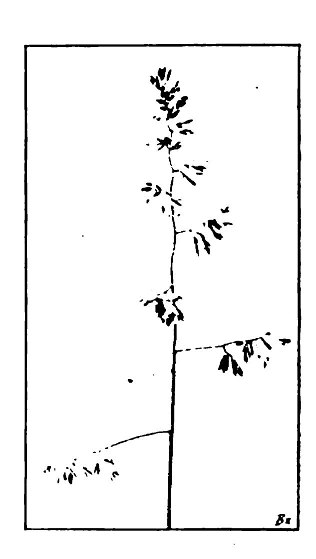


Fig. 74. Dactylis glomerata, blühend.

♃. Mai, Juni, Juli. 0,30—1,35 m. Sehr früh treibend. Blüht Ende Mai; im zweiten und dritten Jahr den höchsten Ertrag gebend, doch auf den meisten Wiesen Norddeutschlands, wie Dr. Weber beobachtete, nach einigen Jahren stark zurückgehend. Liebt mäfsig feuchten Boden, selbst nafskalten Tonboden, kommt aber auch viel auf trockenem vor und gedeiht ferner noch gut im Schatten, in Parks und Obstgärten etc., ebenso auf Moorboden. Gegen Spätfröste empfindlich. Für Bewässerung mit Rieselwasser oder Spüljauche sehr geeignet und dann riesige Erträge bringend, aber oft zu geil wachsend. — Eins der besten Gräser, wenngleich etwas grob, wird aber vielleicht überschätzt: mufs möglichst früh gemäht werden, da es sonst leicht hart wird.

2. *D. Aschersoniana.* Von D. glomerata verschieden durch folgende Merkmale: Lebhaft hellgrün. Grundachse (Wurzelstock) kriechend, bis

10 cm lange, dünne Ausläufer treibend. Rispe schlank, bis 20 cm lang, nicht geknäuelt, die einzelnen Teile fast ährenförmig, überhängend. Rispenäste fast anliegend, nur zur Blütezeit abstehend. Ährchen länglich, schmal, meist 6blütig. Hüllspelzen beide 3nervig, kahl, durchsichtig häutig. Deckspelze schmal weifslich-häutig, mit 3 stark vorspringenden grünen und 2 undeutlicheren Nerven, kahl, auf dem Rücken rauh. Staubbeutelhälften am Grunde stark auseinandertretend, nur im oberen Viertel zusammenhängend.

♃. Erst Ende Juni, Juli. Auf buschigen, sonnigen Hügeln, in Laub-, besonders Buchenwäldern, auf Waldwegen, nur auf *mergel*haltigem feuchtem Boden. Diese erst 1899 von Dr. Paul Graebner im Notizblatt des Königl. botanischen Gartens und Museums Berlin II 274 (1899) aufgestellte Art unterscheidet sich nach Ascherson und Graebner, Synopsis der Mitteleuropäischen Flora, Leipzig 1900, S. 381 in ihrer Tracht und in ihren systematischen Merkmalen aufserordentlich von Dactylis glomerata. In der Tracht erinnert sie etwas an Phalaris arundinacea (S. 267). Die schlaff überhängenden Blätter erinnern an Melica, die Stengel sind sehr schlank und hoch ($^1/_2$—1 m), tragen an der Spitze die überhängende schlanke, wenig auffällige, hellgrüne Rispe und stehen fast stets einzeln an der Pflanze. Die abgestorbenen Stengel bleiben sehr lange stehen, mindestens bis zur Mitte des folgenden Sommers, und drücken dadurch den Beständen ein ganz charakteristisches Gepräge auf.

10. *Cynosurus* (*κύων* Hund und *οὐρά* Schwanz), Kammgras. Unter jedem ährchentragenden Zweiglein ein anderes mit zweizeilig gestellten, gekämmt erscheinenden tauben Spelzen (sog. gefiedertes Trag- oder Deckblatt). Blätter *gefaltet.* Ährchen 1—5blütig, Deckspelze auf dem Rücken abgerundet. Die Samen können daher auf dem Rücken liegen.

C. cristátus, gemeines Kammgras (Fig. 75). Triebe intravaginal, aber ausläuferartig. Horst klein, eben, mit zahlreichen Wurzelblättern. Bildet selten einen dichten Rasen, da es meist vereinzelt steht, ist aber ein gutes Untergras. Halme zahlreich, aufrecht, fein, glatt, obere Knoten länglich. Blatthäutchen kurz. Blätter schmal, gelbgrün, ähnlich denen des englischen Raigrases, aber zäher, steifer und sperriger. Spreitengrund ohne Zahnfortsatz. *Rispe ährenförmig,* einseitswendig oder 3seitig. Hüllspelzen etwas ungleich, lanzettlich, fein und kurz begrannt. *Deckspelze* auf dem Rücken stark gewölbt, oberwärts *fein warzig behaart* (was in der Reife viel mehr hervortritt), *kurz begrannt.*

♃. Wiesen, Triften. Juni, Juli. 0,30—0,60 m. Mittelfrüh, erst Mitte Juni blühend, zur Zeit der Heuernte noch wenig entwickelt, im 2. Schnitt aber sehr viel (nach Weber nur mäfsig) Ertrag gebend. Liebt feuchten Boden und feuchtes Klima, viel in den Marschen, selbst auf zähem Ton gedeihend, in der Schweiz im unteren Teile der Straufsgras-Region, 700—1200 m, oft bis zu 58 % vorkommend. Über den Wert sind die Ansichten geteilt. Tatsache ist, dafs das Weidevieh in den Marschen die trockenen, abgeblühten Halme stehen läfst; als

Untergras hat es grofsen Wert. Bewässerung erträgt es gut. Leider ist der Same sehr teuer.

11. *Festúca* (Name eines Unkrautes bei Plinius; bedeutet eigentlich einen Grashalm), Schwingel. *Rispe* (aufser zur Blütezeit) meist *einseitswendig* (S. 289). Ährchen 2- bis vielblütig, Deckspelze auf dem Rücken ungekielt (Gegensatz zu Poa: die Samen können auf dem Rücken liegen), entweder stumpf und unbegrannt oder spitz und an der Spitze begrannt. Vorspelze fein gewimpert, untere Hüllspelze bei unseren Arten 1-, obere 2nervig. *Narben an der Spitze des Fruchtknotens.*

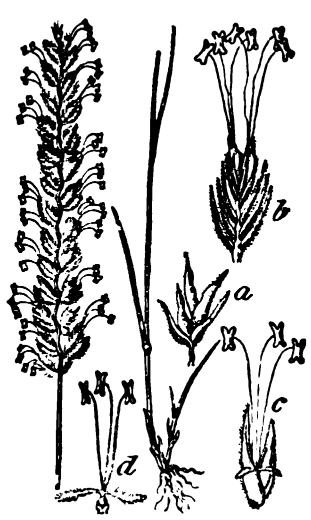


Fig. 75. Cynosurus cristatus. *a* Ährchen, *b* dasselbe blühend, mit den sogen. Kammspelzen, *c* Blütchen, *d* Staubgefäfse und Fruchtknoten. (Nach Garcke.)



Fig. 76. Festuca pratensis. Rechts oben Blatthäutchen, unten Frucht mit Spelzen, von innen gesehen.

I. Blätter alle flach.

1. *F. pratensis* (F. elatior), *Wiesen-Schwingel* (Fig. 76). Horst ziemlich dicht, eben, mit zahlreichen hohen Halmen und langen, breiten Blättern. Untere Blattscheiden am Grunde glänzend purpurn, sich in *braune Fasern* auflösend. Blätter unterseits stark glänzend, lang zugespitzt, ähnlich denen des englischen Raigrases, besonders auch wegen der Zahnfortsätze am Blattgrunde, aber Blätter im Triebe gerollt, nicht gefaltet, der Blattgrund ferner am Rande rückwärts rauh und die Spreite mit deutlicheren Rippen, 15—20, die als weifse Längsstreifen im durchfallenden Licht erscheinen. Rispe einseitswendig, nur während der Blüte ausgebreitet. *Äste rauh,* die unteren meist zu 2, der eine *davon sehr kurz* und *meist*

1 Ährchen, der zweite 3—4 Ährchen tragend. Ährchen 7—12blütig, unbegrannt, untere Hüllspelze kleiner. ♃. Juni, Juli. Treibt ziemlich früh, blüht Anfang Juni, wächst schnell, bestockt sich stark und bleibt lange Jahre sich im Ertrage gleich.

Liebt feuchtes, nebeliges Klima und guten Boden, besonders humusreichen, frischen Mergel-, Lehm- und Tonboden, auch besandeten und gedüngten Moorboden; eines der besten Gräser für *Bewässerungs-* und für *Moorwiesen* und überhaupt eines der vorzüglichsten Gräser, gibt große Massen sehr guten Futters, kann oft 3mal geschnitten werden. Vom Meere bis in die Alpen, hoch geschätzt.

2. *F. arundinácea,* rohrartiger Schwingel. Horst dicht, groß, höher, derber und breitblätteriger als F. pratensis. Blattscheide mit undeutlichen Queradern, etwas rauh, Blattspreite im durchfallenden Licht mit ca. 9 weißen Streifen, steif, dick und hart, Rand des Spreitengrundes gewöhnlich mit einigen verlängerten Borstenhaaren. *Rispe ausgebreitet,* überhängend. Äste rauh, zu 2, verzweigt, 5—15 Ährchen tragend, die unteren mit einem nur wenig kürzeren, fast *ebensoviel Ährchen* tragenden, grundständigen Zweige. Ährchen 4—5blütig. ♃. Juni, Juli. 0,60 bis 1,50 m.

Feuchte Wiesen mit fruchtbarem, bindigem Boden, besonders in den Marschen, wo sie zuweilen massenhaft sich findet. Liefert, frühzeitig gemäht, viel und gutes Futter, auch guten Nachwuchs für den 2. Schnitt, hat aber nach Webers Beobachtungen, namentlich auch für Weiden, bei weitem nicht den Wert von F. pratensis, deren Same noch dazu billiger ist. (Ist F. elatior der Samenhändler.)

II. Halmblätter flach (trocken aber auch fast borstlich). Wurzelblätter borstlich. Alle Blätter im Triebe gefaltet, Blatthäutchen kurz, mit 2 Öhrchen den Stengel umfassend.

3. *F. heterophýlla,* verschiedenblätteriger Schwingel. Wurzel faserig. Triebe intravaginal, dichte Horste bildend. *Wurzelblätter borstenförmig,* zusammengefaltet, *gras*grün, meist schlaff, *halmständige flach* (trocken gefaltet). Stengel dünn, schlaff. Rispe einseitswendig, nur während der Blüte abstehend, Rispenäste fein, rauh. Die untersten meist mit 1 *grund*ständigen Zweige. Ährchen 2zeilig, meist 6blütig. Hüllspelzen sehr ungleich, die untere halb so groß als die obere, 1nervig, die obere 3nervig. Deckspelze an der Spitze mit einer Granne, die kürzer ist als die Spelze. (F. duriúscula der Samenhändler.)

♃. Mai, Juni. Trockene Wälder und Wegränder; nach Weber auch auf nicht abgetragenem Hochmoor gedeihend. Der Aira flexuosa ähnlich. Höhe 0,50—1 m. Für leichten Boden geeignet. Feines Untergras. Erträgt Bewässerung, doch wird meistens statt seiner der rote Schwingel, Festuca rubra, genommen, der, weil Ausläufer treibend, einen besseren Rasen bildet. Oft sind beide kaum voneinander zu unterscheiden.

4. *F. rubra*, roter Schwingel (Fig. 77 und 36, S. 249). Wurzelstock meist *kurze Ausläufer* treibend und einen zusammenhängenden, auf Moorboden und im Gebirge oft bürstendichten Rasen bildend. Sonst wie voriger, oft etwas graugrün, so an trockneren Stellen. Waldränder, auch auf sandigen und moorigen Bodenarten. Bei der Varietät *fallax* fehlen die Ausläufer, und ist es dann äufserst schwer, sie von F. heterophylla zu unterscheiden.

Mai, Juni. Höhe 0,30—0,60 m. Ährchen und Halme oft rot überlaufen. Treibt früh, blüht Ende Mai; zunächst langsam wachsend, hat er seine höchste

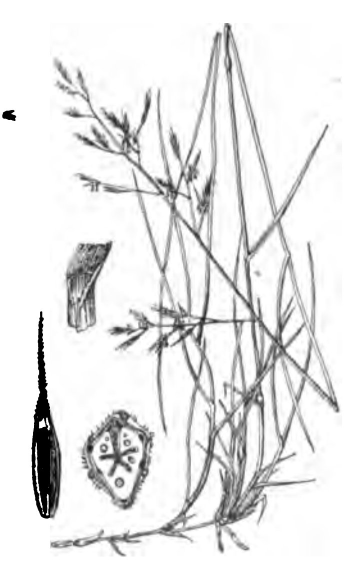


Fig. 77. Festuca rubra, mit Querschnitt des Blattes, Blatthäutchen und bespelzter Frucht. (Nach Stebler und Schröter.)



Fig. 78. Festuca ovina, nebst bespelzter Frucht, von innen und von aufsen.

Entwickelung im 2. Jahr. Bildet im 2. Schnitt zahlreiche lange Blätter. *Wert:* 2. Güte. Eines der besten Untergräser für geringere Wiesen, namentlich Moorwiesen, da es unempfindlich gegen Kälte ist und Nässe gut erträgt. Von den Strandwiesen des Meeres bis hoch in die Alpen. Bildet am Strande der See als var. *litoralis* ausgedehnte Bestände.

III. Alle Blätter borstlich, sonst wie II.

5. *F. ovina*, Schafschwingel (Fig. 78). Graugrün oder grasgrün, Horst dicht, rundlich. Triebe intravaginal, Halme fein. Rispe zusammengezogen, nur während der Blüte abstehend. Äste aufrecht, ihr unterster Zweig erst *ober*halb des Grundes abgehend. Ährchen eiförmig bis läng-

lich, 3—4 blütig. Deckspelze kurz begrannt, lineal-lanzettlich, Vorspelze an der Spitze 2 zähnig.

♃. Trockene Wiesen, Heiden, Triften, Wälder, gemein, früh. Typus eines Steppengrases. Nur für Schafweiden. Mai, Juni. 30—60 cm. Sehr vielgestaltig.

12. *Bromus* (*βρῶμος*, Name des Hafers bei Theophrastos), Trespe. Rispenäste zweiseitswendig, Ährchen vielblütig. Deckspelze lanzettlich oder eilanzettlich, begrannt oder seltener grannenlos. Narben nicht an der Spitze, sondern auf der *vorderen* Seite des Fruchtknotens, *oberhalb der Mitte* eingefügt. *Blattscheiden meist bis zur Hälfte geschlossen.* Die Arten am besten zur Reifezeit zu unterscheiden, zu welcher Zeit der charakteristische Winkel an den Deckspelzen, den einige Arten zeigen, deutlicher ist.

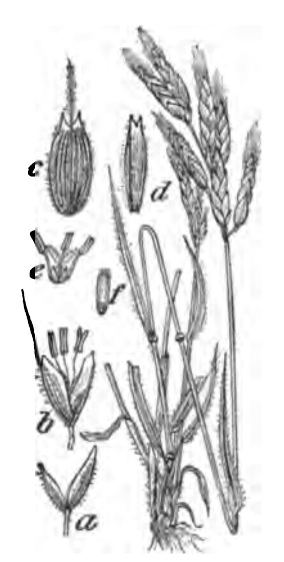


Fig. 79. Bromus mollis. *a* Hüllspelzen, *b* Blütchen, *c* Deckspelze, ausgebreitet, *d* Vorspelze, *e* Staubgefäſse u. Fruchtknoten, *f* Frucht. (Nach Garcke.)

1. *B. secálinus*, Roggen-Trespe. ⊙. Gefürchtetes Unkraut unter Getreide, besonders Roggen. Blüten sich nicht deckend. Blätter im durchfallenden Licht mit 6—7 weiſsen Streifen.

2. *B. racemósus,* traubenförmige Trespe. Gelblich-grün. *Untere* Blattscheiden behaart. Rispe schmal, traubenförmig, *aufrecht,* zuletzt auch überhängend, nach dem Verblühen zusammengezogen. Ährchen eiförmig-länglich, *kahl.* Blüten elliptisch, fruchttragende am Rande sich deckend. Deckspelze 7 nervig, zur Fruchtzeit am *Rande* bogenförmig, nicht stumpfwinklig, länger als die steif gewimperte Vorspelze. Granne gerade. ⊙ (zweijährig). Wiesen, Triften, zerstreut. Mai und Juni. 30—50 cm. Sehr ähnlich der folgenden. Futtergras 2. bis 3. Güte.

3. *B. mollis,* weiche Trespe (Fig. 79). Graugrün. Horst locker, mit breiten Wurzelblättern. Blätter und Ährchen weichhaarig. Deckspelze zur Fruchtzeit am *Rande oberhalb der Mitte stumpfwinklig hervortretend,* sonst wie vorige. ⊙. Wiesen, Raine, auf allen Bodenarten, auch auf Moorwiesen, weniger im Gebirge. Mai, Juni. 15—50 cm. Ändert ab mit kahlen Ährchen.

Obergras, früh blühend und reifend. Ziemlich unempfindlich gegen Klima. Wegen der starken, weichen Behaarung vom Vieh ungern gefressen. Nach Weber höchstens Weidegras 3. Güte, auf Wiesen zu verwerfen. Für Be-

wässerung ungeeignet. Dennoch, wo billige Aussaat verlangt wird, z. B. auf unbesandeten Moorwiesen, an Eisenbahndämmen etc. (leider) oft viel angesäet. Da die Samen früh ausfallen, kann sie sich leicht auf Wiesen ausbreiten und die besseren Gräser verdrängen. Im 2. Schnitt findet sie sich selten, denn der Nachwuchs ist gering.

4. *B. erectus,* aufrechte Trespe. Obergras. Triebe extravaginal, aber sich gleich aufwärts wendend. Horst klein, dicht, keinen geschlossenen Rasen bildend, hellgrün. Untere Blattscheiden bis $^3/_4$ geschlossen, abstehend locker behaart oder kahl. Blätter in der Knospe *gefaltet* (nur bei dieser Art Bromus), schmal und lang, *am Rande gewimpert,* die unteren fast borstenförmig. Halm wenigblätterig, oben locker abstehend behaart. Rispe *aufrecht,* untere Äste zu 3—6, meist 5, 1—2 Ährchen tragend. Ährchen lineallanzettlich, 5—8blütig, lang, gelbgrün, untere Hüllspelze 3-, nicht 1nervig. Deckspelze kurz begrannt. Staubbeutel hellgelb. ♃. Sonnige Hügel, trockene Wiesen. Juni, August. 3—9 dm. Liebt trockenen, besonders Mergel- und Kalkboden.

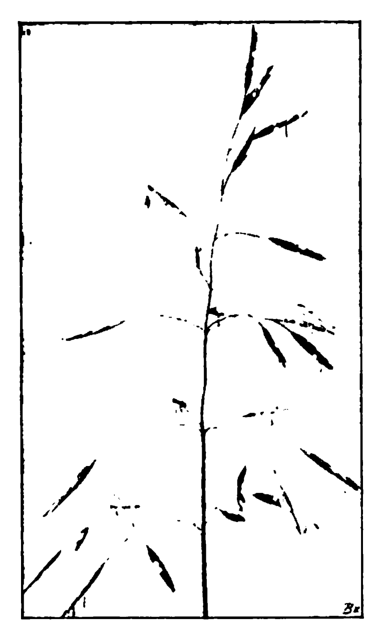


Fig. 80. Bromus inermis, blühend.

Ziemlich früh, unempfindlich, auch in Hochtälern noch verbreitet (Engadin). Bewässerung und Beschattung erträgt sie nicht. Volle Entwickelung erst im 2. Jahre. *Wert:* 2. Güte, aber für trockene, *kalkhaltige* Wiesen wichtig.

5. *B. inérmis,* grannenlose Trespe (Fig. 80). Hellgrün oder etwas graugrün. Lange unterirdische Ausläufer treibend und einen zusammenhängenden Rasen bildend. Halm vielblätterig. Blätter alle breit, zäh, wie die Blattscheiden *kahl.* Rispe ausgebreitet, kürzer als bei Bromus erectus. Deckspelze grannenlos oder kurz begrannt. Staubbeutel zitronen-, zuletzt orangegelb. Sonst wie vorige. ♃. Juni, Juli. 0,15—1 m. Entwickelt sich später als alle andern Trespenarten, blüht erst Mitte Juni, gibt aber noch guten Nachwuchs.

Gegen Kälte und Trockenheit unempfindlich, am liebsten auf humusreichem sandigem Lehmboden. Für *Bewässerung* dankbar. Gras 2. Güte; wird, wenn

nicht vor der Blüte geschnitten, leicht hart. Für trockene Wiesen aber wertvoll, auch für Böschungen etc.

6. *B. arvensis,* Acker-T. Blätter schlaff, mit 15—25 Rippen, abstehend behaart, selten kahl, Blattscheiden abstehend behaart, obere mitunter kahl. Rispe grofs, abstehend, bei der Fruchtreife etwas überhängend, Äste sehr lang, Ährchen lineal-lanzettlich, Blüten elliptisch-lanzettlich. Deckspelze 7nervig, am Rande oberhalb der Mitte stumpfwinkelig, etwa so lang als die Vorspelze. — Leicht kenntlich an den schmalen, meist violetten oder grün und violett gescheckten Ährchen und den zugespitzten Deckspelzen (Ascherson). ⊙ und ⊙, zerstreut, am liebsten auf etwas feuchtem, sandigem Lehm- und torfigem Boden. In Dänemark für solche Verhältnisse als recht gutes, einjähriges Futtergras empfohlen; von dort der Same jetzt eingeführt.

13. *Brachypodium* (*βραχύς* kurz, *πόδιον* Füfschen, hier Stielchen), Zwenke. Ährchen *kurz* gestielt, einzeln, 2zeilig, in einfacher, ährenförmiger Traube, vielblütig. Vorspelze (innere Spelze) auf den Kielen kammförmig gewimpert.

1. *B. silvaticum,* Wald-Zwenke. Wurzelstock faserig. Blätter schlaff, *dunkelgrün.* Scheiden rückwärts rauhhaarig. Ähre (Traube) 2zeilig, locker überhängend. Grannen der oberen Deckspelzen länger als diese, dünn. ♃. Schattige Wälder, zerstreut. Juli, August. 0,60—1 m.

2. *B. pinnátum,* gefiederte Zwenke. *Wurzelstock kriechend.* Blätter steif, *hellgrün.* Scheiden weichhaarig. Ähre meist aufrecht, Grannen kürzer als die Deckspelzen, steif. ♃. Grasige, trockene Hügel, Wälder, gern auf Sand und Kalk.

§ 61.

Gruppe 10. **Hordéeae,** Ährengräser. *Ährchen in Auszahnungen der Spindel, d. h. der Achse, in einer sog. Ähre,* fast stets in zwei einander gegenüberstehenden Reihen. (Nardus einseitswendig.)

1. *Triticum* (Name des Weizens bei Varro), *Weizen.* Ähre mit Gipfelährchen. Ährchen meist einzeln, die *breite Seite der Spindel der Ähre zugekehrt, 2- bis mehrblütig.* Hüllspelzen eiförmig oder lanzettlich, mehrnervig. Deckspelzen auf dem Rücken abgerundet oder gekielt.

A. Ährchen gedunsen, Hüllspelzen eiförmig oder länglich, kürzer als die Ährchen.

I. Spindel der Ähre zähe, Frucht frei. Nackte Weizen.

a) Hüllspelzen breit eiförmig, nur oben gekielt, unten meist gewölbt, etwa so lang wie die nächste Deckspelze. Halm auch oben hohl.

1. *T. vulgare* (im engeren Sinne), *gemeiner Weizen.* Ährchen ziemlich locker. Deckspelze begrannt (Bartweizen) oder unbegrannt (Kolbenweizen).

Winter- oder Sommerfrucht. Ähren vorn und hinten etwas breiter als an den Seiten, im Grundrifs also ein queres Rechteck bildend (man halte die Blütenseite vor sich). Die häufigste Art. — 2. *T. compactum,* Zwergweizen. Wie voriger, aber Ähre kurz, dicht, im Grundrifs quadratisch, begrannt (Igelweizen) oder unbegrannt (Binkelweizen).

b) Hüllspelzen meist breit eiförmig, *ihrer ganzen Länge nach scharf gekielt,* meist halb so lang als die nächste Deckspelze. Halm oben markig.

3. *T. túrgidúm, bauchiger* Weizen, Rauhweizen, englischer Weizen, obwohl in England viel mehr *T. vulgare* gebaut wird. Ähre lang, dicht und dick, im Grundrifs quadratisch, *lang begrannt.* Grannen meist parallel der Ähre. Korn dickbauchig, wenig proteïnreich. Hierher die in der Provinz Sachsen so viel gebaute Sorte *Rivetts bearded.*

c) Hüllspelzen oft *länglich, ihrer ganzen Länge nach fast flügelig gekielt,* oft so lang wie die nächste Deckspelze. Halm oben markig.

4. *T. durum,* Hartweizen. Ähren im Grundrifs verschieden, bald mehr quadratisch, bald mehr rechteckig, kurz oder lang, dick oder dünn. Ährchen sehr lang begrannt, Grannen *abstehend.* Spelzen von der Seite zusammengedrückt. Korn meist glasig, hart und dann sehr proteïnreich. (Scharfe Unterschiede von den vorigen gibt es nicht.)

II. Spindel zerbrechlich, Frucht von den Spelzen umschlossen.
Bespelzte Weizen.

a) *Ähre fast gleichmäfsig 4kantig,* im Grundrisse also quadratisch, *locker, lang und dünn.*

5. *T. Spelta, Spelz, Dinkel.* Hüllspelzen quer und breit abgestutzt, mit sehr kurzem, stumpfem Mittelzahn, wenig gekielt, begrannt oder unbegrannt.

b) *Ähre von der Seite zusammengedrückt,* dicht, im Grundrifs ein aufrechtes Rechteck bildend, fast stets begrannt.

6. *T. dicoccum* (T. amyleum), *Emmer, Zweikorn.* Hüllspelzen länglich, ihre Spitze einwärts gebogen, meist mit spitzem Mittelzahn, scharf gekielt.

7. *T. mónococcum, Einkorn.* Hüllspelzen länglich-lanzettlich, mit *zwei* spitzen, geraden Zähnen, Vorspelze (innere Spelze) bei der Reife bis zum Grunde in 2 Teile geteilt, Korn flach, von der *Seite* zusammengedrückt.

B. Ährchen bauchig gedunsen, Hüllspelzen länglich, so lang oder länger als das ganze Ährchen.

8. *T. polonicum,* polnischer Weizen. Ähre meist sehr grofs und locker, gewöhnlich begrannt, Ährchen sehr grofs. Hüllspelzen papierartig, Vorspelze halb so lang als die Deckspelze. Sehr selten gebaut. (Der polnische Weizen des Handels gehört zu T. vulgare.)

C. Ährchen nicht bauchig gedunsen. Hüllspelzen lanzettlich.

9. *T. repens, kriechender Weizen. Quecke, Pede* (Fig. 81). Lange, unterirdische, weifsliche Ausläufer treibend und den Acker sehr verunkrautend, auf Wiesen aber wegen Befestigung des Rasens durchaus nicht zu verachten.

Blatthäutchen kurz. Blattspreite mit 7—9 Hauptnerven, meist schlaff, oft oberseits etwas rauh durch eine einfache Reihe kleiner Borsten auf den Nerven. Halm unterwärts liegend, gekniet, dann aufrecht. Ähre 2zeilig, kürzer als bei Lolium. Ährchen 2—5blütig. Deckspelze meist kurz begrannt. Staubbeutel gelb. ♃. Juni, Juli.

Von Lolium perenne und L. italicum, englischem und italienischem Raigras, durch die mit der *breiten* Seite nach der Spindel der Ähre gekehrten Ährchen leicht zu unterscheiden.

10. *T. caninum,* Hundsweizen. Nicht kriechend. Blätter graugrün, unterseits dunkelgrün, glänzend, rauh. Ähre lang und schlaff, überhängend. Granne etwas geschlängelt. ♃. Schattige Laubwälder.

2. *Secále* (Name einer Getreideart bei Plinius), Roggen. Ähre ohne Gipfelährchen, Ährchen meist einzeln, gewöhnlich 2blütig. *Hüllspelzen pfriemlich,* einnervig, sonst wie Triticum, aber der Embryo am reifen Korn auf dem Querschnitt mit 4 Würzelchen, beim Weizen nur mit 3.

S. cereále, gemeiner Roggen. Ähre überhängend, lang. Hüllspelzen am Kiel rauh, kürzer als das Ährchen. *Deckspelzen am Kiel kammartig borstig gewimpert.* ⊙ und ⊙, selten ♃. Überall gebaut. Mai, Juni. Stammt vom perennierenden S. montanum, mit zerbrechlicher Ährenspindel, in Südeuropa.



Fig. 81. Triticum repens. *a* Hüllspelzen, *b* 5 Blütchen, *c* ein Blütchen, *d* dessen Schüppchen, *e* Fruchtknoten. (Nach Garcke.)

3. *Élymus* (gr. elymos, Name einer Hirseart bei Hippokrates), Haargras. Ährchen (bei unsern Arten) meist zu 3 stehend, 2- bis vielblütig, oder, wenn 1blütig, mit einem Ansatz zu einer 2. Blüte. Wird jetzt meist zur Gattung Hordeum gezogen.

E. arenarius, Strandroggen, *blauer Helm.* Bläulich-grün, Wurzelstock weit kriechend, Ausläufer treibend. Blätter steif, breit, trocken eingerollt. Ähren lang, aufrecht, Ährchen 3blütig, weichhaarig, unbegrannt. ♃. Auf Sand an den Küsten der Nord- und Ostsee, im Binnenlande seit dem 18. Jahrhundert wie Ammophila arenaria (S. 276) zum Binden des Flugsandes eingeführt und jetzt völlig eingebürgert. (Ascherson.)

E. europaeus, europäisches Haargras. Grasgrün, ohne Ausläufer, an und unter den Knoten kurz rückwärts-zottig, *untere Scheiden rückwärts zottig.* Blätter flach. Ährchen 2blütig oder 1blütig, mit dem Rudiment einer 2. Blüte. Hüllspelzen linealisch-pfriemlich, begrannt, Deck-

spelzen lang begrannt. Laubwälder. ♃. Sieht Triticum caninum und Brachypodium silvaticum ähnlich.

4. *Hórdeum* (Name der Gerste bei Vergilius), *Gerste.* Ährchen zu 3 stehend, meist einblütig. Hüllspelzen lineal-lanzettlich bis borstenförmig, sich mit Deck- und Vorspelze *kreuzend.* Deckspelze meist lang begrannt. (Beim Weizen stehen die meist vorhandenen 3 Körner auf einer Stufe der Ähre in **1** Ährchen; bei der Gerste dieselben 3 Körner in **3** Ährchen, jedes Ährchen enthält nur *ein* Korn.)

A. Blütenspelzen meist elliptisch, Granne flach verbreitert.

a) Alle Ährchen fruchtbar, begrannt (sog. kleine Gerste).

1. *H. hexástichum, sechszeilige Gerste.* Ähre mit 6 gleichartig abstehenden Ährchenreihen. Selten gebaut.

2. *H. tetrástichum* (H. vulgare), *vierzeilige Gerste.* Die zwei mittleren Ährchenreihen anliegend, die vier seitlichen abstehend. Als Winter- und Sommerfrucht gebaut.

b) Nur die Mittelährchen fruchtbar (sog. grofse Gerste).

3. *H. dístichum, zweizeilige Gerste.* Seitliche Ährchen verkümmert. Keulenförmig. Als Sommerfrucht viel gebaut. Var. erectum, aufrechte, richtiger dichte Gerste, Imperialgerste.

B. Blütenspelzen lanzettlich, Grannen haarfein.

4. *Hordeum murínum*, Mäuse-Gerste. Grasgrün. Hüllspelzen des mittleren Ährchens lineal-lanzettlich, bewimpert, die der 2 gestielten seitlichen borstenförmig, rauh. ☉. Wege, Schutthaufen. Juli, August. 0,15 bis 0,30 m. — Unkraut.

5. *H. secálinum, roggenartige Gerste.* Graugrün. Horst klein, büschelig, mit zahlreichen Wurzelblättern. Scheiden der unteren Blätter rauhhaarig. *Hüllspelzen aller Ährchen borstenförmig und rauh.* ♃. Juni, Juli.

Liebt feuchtes Klima und feuchten Boden, besonders Salzboden; auf den reichen Fettweiden der Marschen, besonders wenn diese älter werden, sehr verbreitet und dort sehr geschätzt. Für Bewässerung sehr geeignet, da aber der Same nicht im Handel zu haben ist, für künstliche Wiesen ohne Bedeutung. Treibt früh, blüht oft schon Ende Mai. *Wert:* Vor der Blüte gemäht ein gutes Futter.

§ 62.

Hordéeae, *Ährengräser,* Fortsetzung: *Raigräser.*

5. *Lolium* (Name eines Unkrauts bei Vergilius), Lolch. Ährchen einzeln, vielblütig, mit der *schmalen Kante* der Ährenspindel zugewendet. Das Gipfelährchen mit 2 Hüllspelzen, die seitenständigen nur mit einer, der äufseren, oberen. Den Schutz, den sonst die hier fehlende untere

Hüllspelze gibt, gewährt bei Lolium eine Rinne an den Internodien der Ährchenspindel, in welche sich die Ährchen legen. Blattscheiden geschlossen. Blattgrund mit 2 Zähnen. Blatthäutchen kurz.

I. Wurzelstock treibt blühende Halme und nichtblühende Blätterbüschel.

1. *L. perenne*, ausdauernder Lolch, englisches Raigras (Fig. 82). Horst dicht, eben, ausgebreitet, weil die Internodien der zwar intravaginalen, unterirdischen Triebe sich dennoch oft fast zu Ausläufern verlängern, sodafs der ganze Horst aus Teilhorsten besteht. Blattscheiden meist etwas flach, untere am Grunde rot, lange bleibend, ohne sich in Fasern (wie beim Wiesenschwingel) aufzulösen. Blattspreite schmal, anfangs freudig grün, daher der Gartenrasen so lebhaft grün (Samsö Lund), später dunkler grün, unterseits glänzend grün, mit hervorragendem Mittelnerv und vielen feinen (12—20) Seitennerven, die im durchfallenden Licht als dunkle Linien erscheinen, während die Zwischenräume zwischen ihnen gelbgrüne Linien darstellen, im Triebe *gefaltet*, selten bei jungen, kräftigen Exemplaren gerollt. Halm zusammengedrückt. Ähre lang, flach, 2zeilig, Ährchen 8—10blütig. Hüllspelze $1^1/_2$mal so lang als die nächste ihr anliegende Deckspelze. Deckspelze stumpf, *grannenlos*, 5nervig.



Fig. 82. Lolium perenne. *a* Ährchen, links die einzige Hüllspelze, *b* Blütchen, *c* Fruchtknoten, *d* Schüppchen. (Nach Garcke.)

Trockenere Wiesen, auf besserem, schwerem Boden, Wegränder, gemein. Bildet nach Weber Bestände von grofser Ausdehnung, besonders in den Seemarschen, wo die Fettweiden bis zu 70, ja 80 % aus engl. Raigras bestehen. Juni — Oktober. 30—60 cm. Früh, bestockt sich nach dem Abmähen und Abweiden sehr stark, besonders auch nach dem Festtreten, daher zu Rasen, der begangen werden soll, sehr geeignet. Gibt nur in den ersten beiden Jahren hohe Erträge, ist aber während dieser Zeit fast unentbehrlich, zumal es auch bei seiner schnellen Entwickelung der anderen Grassaat zum Schutz (als Überfrucht) dienen kann. Für Bewässerungs- und Moorwiesen sehr geeignet, stauende Nässe aber erträgt es nicht. Gras 1. Güte. Meist 2—3-, selten mehrjährig. Same von kultivierten Pflanzen scheint meist viel weniger lang dauernde, aber schneller in „Saat" schiefsende Individuen zu erzeugen, als der von wildwachsenden. (Weber, Arb. d. D. L.-G., Heft 61.) Für Rasenplätze hat man sehr feinblätterige Varietäten.

Von der Quecke, Triticum repens, durch die mit der schmalen *Kante,* nicht mit der breiten Seite der Hauptachse zugewandten Ährchen leicht zu unterscheiden.

Same des Handels: Die einzelnen Blütchen; von den ähnlichen, aber meist viel teureren des Wiesenschwingels, Festuca pratensis, durch ein kurzes, *plattes,* nicht langes, rundes *Stielchen* zu unterscheiden.

2. *L. multiflorum (L. italicum),* italienisches Raigras (Fig. 83). Horst ziemlich dicht, büschelig, untere Scheiden rot. Halme rauh, bis 1 m hoch. *Blätter* schlaff, mit 15—25 Rippen, im durchfallenden Licht mit 5—7 grünlich-weifsen Streifen, meist breiter als bei L. perenne, *hellgrün,* unterseits glänzend, im *Triebe gerollt.* Ährchen sehr zahlreich, sehr lang, meist 10—20 blütig. Hüllspelze kaum so lang als die Deckspelze. Deckspelzen, besonders die oberen, meist *begrannt.* Sonst wie vorige, aber Ährenachse zur Reifezeit sehr zerbrechlich, Vorspelze am Rande stärker gezähnt-gewimpert. Meist 2-, selten 3 jährig. Juni — Oktober.



Fig. 83. Lolium italicum (italienisches Raigras), blühend.

Stammt aus Südeuropa, liebt warmes Klima und feuchten, humusreichen Boden, auch Kalk- und Mergelboden, sowie milden, durchlassenden Tonboden, erfriert in Norddeutschland öfter, wird aber dennoch überall gern gebaut, weil es schon im ersten Jahre hohe Erträge gibt. Gras 1. Güte.

Bewässerung. Kein Gras eignet sich so für Bewässerung, wie das italienische Raigras; es wurde seit langen Zeiten auf den lombardischen Wässerwiesen gebaut, später in England auf den Riesel-Farms, und jetzt ist es auch auf den deutschen städtischen Rieselfeldern das am meisten angebaute Gras, da es nach Spüljauche-Düngung sich 5—6 mal im Jahre schneiden läfst. Man säet es meist alle Jahre von neuem an, da der Winter den Bestand sehr lichtet. Auch auf besandeten Moorwiesen viel gebaut, zumal es im 1. Jahr als Schutz für die übrigen Gräser dient.

Da es sehr schnell wächst, unterdrückt es andere Gräser leicht und dürfen davon nicht über 10 % in Grasmischungen beigegeben werden.

II. Wurzelstock treibt nur blühende Halme.

3. ***L. temulentum,*** Taumellolch, unter Sommergetreide, besonders Hafer. Hüllspelze länger als das Ährchen. Deckspelze länger oder kürzer begrannt. Giftig. ⨀. 4—9 dm. Die Giftigkeit wird wahrscheinlich durch einen Pilz hervorgerufen, dessen Gewebe innerhalb der Samenschale wuchert und in

Symbiose mit dem Korn lebt. Er kommt beim Keimen wieder in die neue Pflanze.

4. ***L. remotum,*** **Leinlolch. Hüllspelzen fast so lang oder kürzer als die Ährchen. Deckspelzen meist unbegrannt. ⊙. Unkraut unter Lein. 3—6 dm.**

6. ***Nardus*** (*νάρδος*, Name einer ährentragenden Pflanze, welche ein wohlriechendes Öl liefert). Ährchen ohne Hüllspelzen, *Griffel nur 1.*

N. stricta, steifes Borstengras (Fig. 84 und 85). Wuchs der ausdauernden Juncus-(Binsen-) Arten. Scheinachse dick, kurz kriechend, niedrige graugrüne Horste bildend, welche aus oft über hundert dicht zusammen-

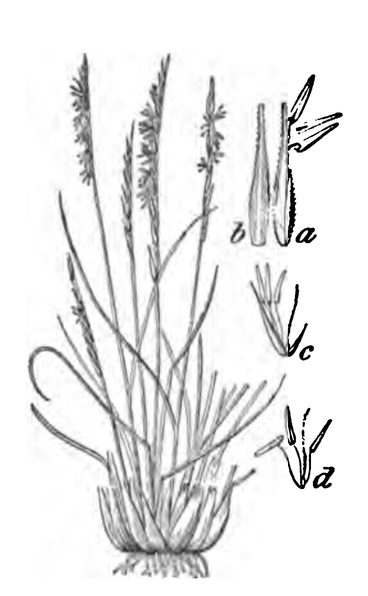


Fig. 84. Nardus stricta.
a Ährchen, *b* Deckspelze, *c* Blüte,
d Staubgefäfse u. die einzige Narbe.

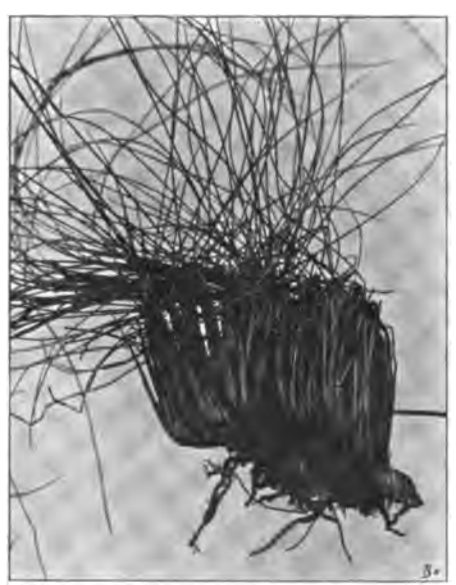


Fig. 85. Nardus stricta, steifes Borstengras,
kurz kriechende Scheinachse.

gedrängten Trieben bestehen, die zu je 5—10 wieder eng zusammengeprefst und von sterilen Blattscheiden umgeben sind. Wurzeln faserig, fast horizontal. Unterste (äufsere) Blattscheiden schuppenförmig, kurz ei-lanzettlich, rötlich-weifs, porzellanartig glänzend, innere lang, eng anliegend, weifs. Blattspreite *borsten*förmig, rinnig gefaltet, rundlich, rückwärts rauh. Halm dünn, borstenförmig, meist 1blätterig. Ähre *einseits*wendig, Ährchen 1blütig, in den rinnenförmigen Aushöhlungen der Ährenachse. Deckspelze an der Spitze mit kurzer Granne, trüb purpurn, am Rande sehr rauh. Vorspelze sehr schmal, weifs. Griffel mit *einer* fadenförmigen, weit hervortretenden Narbe. Frucht lang, gelb, glänzend, noch mit dem Griffel und

der Narbe gekrönt. ♃. Trockene moorige Wiesen, Abhänge. Sehr schlechtes, hartes Gras. Unkraut. Durch Düngung verschwindet es.

2. Familie *Cyperaceae, Halb-, Ried- oder Sauergräser.*[1])

§ 63.

Blüten wie die der echten Gräser in der Achsel von Deckblättern (Deckspelzen), aber *ohne Vorblatt* (Vorspelze). Die Blütenhülle fehlt entweder, wie bei den Gramineae, oder sie ist durch 6 oder mehr einfache oder verzweigte Borsten dargestellt. Staubgefäfse meist 3, Fruchtblätter 2 oder 3 (wie man an der Zahl der Narben erkennt); Fruchtknoten aber, wie auch bei den echten Gräsern, nur 1fächerig. Frucht nicht aufspringend, Same im Gegen-

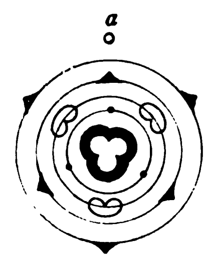


Fig. 86.
Grundrifs der Blüte von Scirpus; 2×3 Borsten, $1 \times 3 + 0 \times 3$ Staubgefäfse, 1×3 Fruchtblätter; *a* Achse.
(Nach Kienitz-Gerloff.)



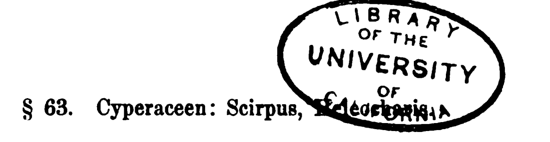
Fig. 87. Scirpus lacustris. *a* Stengelquerschnitt, *b* Blüte, *c* Staubgefäfse, Fruchtknoten und Borsten, *d* Frucht mit Deckspelze, *e* reife Frucht, von den 6 Borsten umschlossen.
(Nach Garcke.)

satz zu dem der meisten echten Gräser *frei*, d. h. seine Schale nicht mit der Fruchtschale verwachsen. Keim vom Nährgewebe *eingeschlossen* (nicht wie bei den echten Gräsern an der Seite aufsen). Blüten zwitterig oder eingeschlechtlich, in Ährchen, welche wieder zu Ähren, Köpfen oder Rispen zusammengestellt sind.

Grasähnliche Kräuter, einjährig oder meist durch einen unterirdischen Wurzelstock ausdauernd, aus dem einzeln oder büschelig die beblätterten oder blattlosen, *oft scharf dreikantigen, knotenlosen und markhaltigen* Halme entspringen. *Blätter meist 3zeilig* an den 3 Kanten des Halmes. *Blattscheiden geschlossen.*

---

[1]) Vergl. S. 258.



Die meisten Scheingräser sind schlechte Futterkräuter und kommen in der Regel auf *saueren* Wiesen vor.

Gattungen: ***1. Scirpus*** (Name der Binse bei Terentius), ***Binse*** (Fig 86). Ährchen vielblütig, zu einfachen oder zusammengesetzten Blütenständen geordnet. Blüte zwitterig, in der Achsel einer Deckspelze, ***ohne Vorspelze.*** Blütenhülle (Perigon) aus sechs Borsten bestehend oder fehlend. Griffel am Grunde nicht oder wenig verdickt. Blätter scheidig, oft ohne Spreite.

Hierher *Scirpus caespitosus*, Rasen-Binse. 1—3 dm. Ährchen ***einzeln, endständig.*** Heidemoore, zerstreut. Rasen gelbgrün. *S. lacustris*, Teich-

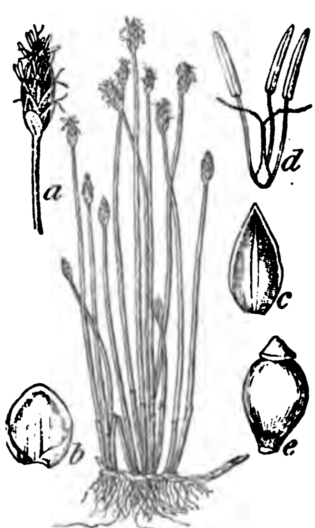


Fig. 88. Heleocharis uniglumis. *a* Ähre, *b*, *c* Spelzen, *d* Staubgefäfse, Fruchtknoten und verdickter Griffel, *e* Frucht (sogen. Nüfschen). (Nach Garcke.)



Fig. 89. Eriophorum latifolium. *a* Blühende Pflanze, *b* Blütenbüschel, *c* Blüte, *d* Staubgefäfse und Fruchtknoten, freigelegt, *e* Fruchtbüschel, *f* einzelne Fruchtähre, *g* Same mit den Wollhaaren, bei *h* ohne solche. (Nach Garcke.)

binse (Fig 87). 1—3 m hoch, im Wasser. Ährchen in doldenähnlichen Blütenständen (sog. Spirren). Halm stielrund, grasgrün. *S. silvaticus* und ***radicans*** mit grofser, reich verzweigter Rispe, an feuchten Orten. 6—9 dm.

2. Heleócharis (ἕλος Sumpf und χάρις Huld, Zier), ***Ried.*** Wie Scirpus, aber ***Griffel*** am ***Grunde verdickt.*** ***H. palustris*** (Scirpus palustris), Sumpf-Ried. Ährchen ***einzeln, endständig,*** länglich-lineal. Unterste Spelze das Ährchen halb umfassend. In Sümpfen, grofse Flächen überziehend. ♃. Juni bis August. 1—6 dm. ***H. uniglúmis,*** einbälgiges Ried (Fig. 88). Ährchen eiförmig-länglich, unterste Spelze das Ährchen ganz umfassend, sonst wie vorige. ♃. Juni bis August. Trocken leicht gelb werdend.

3. *Erióphorum* (ἐριόφορος Wolle tragend), ***Wollgras.*** Wie Scirpus, aber Perigon aus zahlreichen, sich nach der Blüte verlängernden Fäden, die einen weifsen ***wolligen Schopf*** bilden.

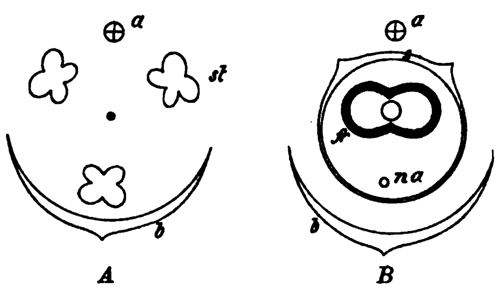


Fig. 90. Carex. *A* Grundrifs (Diagramm) der männlichen Blüte, *B* der weiblichen. *a* Achse, *b* Tragblatt (Deckspelze) des Blütenzweiges, *fr* Fruchtknoten, *na* Nebenachse, d. h. Achse 2. Ordnung, *s* die an ihr sitzende Deckspelze, das Tragblatt 2. Ordnung, welches an seinen Rändern verwächst und als sog. „Schlauch" die Frucht umschliefst, *st* Staubblätter. (Nach Kienitz-Gerloff.)

E. vaginatum, scheidiges Wollgras. Ährchen einzeln. Stengelblätter mit aufgeblasener Scheide. *E. polystáchyum,* vielähriges W. Stengel rundlich, Stengelblätter rinnig. *E. latifolium,* breitblättriges W.; ähnlich. Stengel 3kantig, Stengelblätter flach (Fig. 89). Alle auf Moorwiesen.

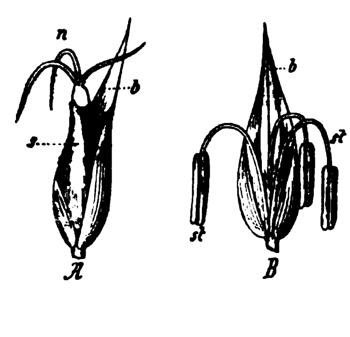






Fig. 91. Carex. *A* Weibliche Blüte mit *b* Tragblatt (Deckspelze) des Blütenzweiges, *s* Schlauch (Tragblatt oder Deckspelze der Blüte), *n* Narben. — *C* Schematischer Aufrifs derselben, *a* Achse, *f* Frucht, *s* Schlauch. — *B* Männliche Blüte, *b* Tragblatt (Deckspelze), *st* Staubgefäfse. — *D* Schematischer Aufrifs derselben. (Nach Kienitz-Gerloff.)

4. *Carex* (Pflanzenname bei Vergilius), *Segge.* Ährchen 1blütig, eingeschlechtlich, entweder eine einzige endständige oder mehrere Ähren bildend. Sind mehrere Ähren vorhanden, so sind gewöhnlich die obersten männlich, die unteren weiblich. Die männlichen Blüten bestehen nur aus 3 Staubgefäfsen und sitzen unmittelbar in der Achsel der Deckspelze; die weiblichen bestehen nur aus einem Fruchtknoten mit 2 oder 3 Narben, sie sitzen nicht unmittelbar in der Achsel der Deckspelze, sondern es entspringt aus der Achsel der Deckspelze erst ein kurzer Zweig, welcher auf der innern Seite wieder eine Deckspelze (Tragblatt 2. Ordnung) trägt. Erst in der Achsel dieser sekundären Deckspelze steht die weibliche Blüte. Das sekundäre Tragblatt vergröfsert sich und umhüllt die Frucht als sogen. *Schlauch* (Fig. 90 und 91).

Hierher sehr viele Arten mit meist scharfen, schneidenden Blättern, daher meist als Futter ungeeignet, mit Ausnahme einiger Arten in den Alpen. Nach Ratzeburg soll Carex vulpina auf den Oderwiesen einigen Futterwert haben; überhaupt werden manche gröfsere Arten öfter im Heu mitgefressen, einzelne sehr langblätterige sogar zu Häcksel geschnitten.

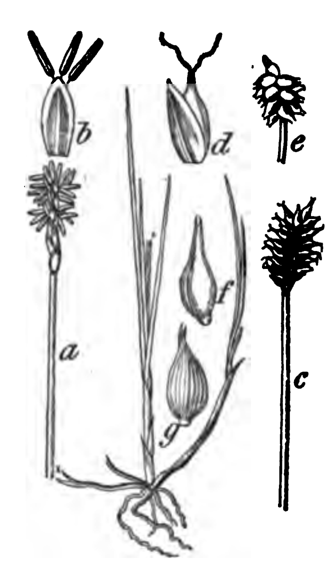


Fig. 92. Carex dioica.
a Blühende männliche Ähre, *b* Blüte mit Deckspelze, *c* weibliche Ähre, *d* Blüte mit Deckspelze, *e* weibliche Ähre zur Fruchtzeit, *f*, *g* Früchtchen. (Nach Garcke.)



Fig. 93. Carex arenaria. *a* Blühende Pflanze mit dem lang kriechenden Wurzelstock, *b* fruchttragende Pflanze, *c* männliche Blüte mit Deckblatt, *d* Deckblatt der weiblichen Blüte, *e* weibliche Blüte, der sog. Schlauch mit geflügelten Rändern, aus dem die beiden Narben des im Schlauch sitzenden Fruchtknotens hervorschauen, *f* Schlauch zur Reifezeit (Scheinfrucht), mit den geflügelten Kielen, *g* eigentliche Frucht, noch mit dem Griffel und dessen 2 Narben versehen, *h* dieselbe im Querschnitt, *i* letzterer vergröfsert. (Nach Reichenbach.)

Man teilt die aufserordentlich zahlreichen Seggenarten, von denen wir nur einige vorführen können, folgendermafsen ein:

A. Einährige Seggen. Ein *einzelnes*, endständiges Ährchen, z. B. Carex dióica (Fig. 92), zweihäusige Segge. 10—20 cm.

B. Gleichährige Seggen. Mehrere Ährchen zu einer einfachen oder zusammengesetzten Ähre, seltener zu einer Rispe zusammengestellt, alle einander ziemlich gleich.

I. *Mit Ausläufern. Carex arenária*, Sand-Segge (Fig. 93). Blühender Stengel 3kantig, oberwärts rauh, so lang wie die starren Blätter. 15—30 cm. hoch. Schläuche (Scheinfrüchte s. S. 306) breit geflügelt, gekielt. Eine der wichtigsten Pflanzen zur Befestigung des Flugsandes und der Dünen. Kommt am Meeresstrande und auf trockenem Sande des Binnenlandes von Ostfriesland bis Ostpreufsen vor. In Mitteldeutschland seltener, in Süddeutschland fehlend. Die unterirdischen, sich mittelst einer pfriemlichen Spitze weiter bohrenden Stengel treten als grüne Büschel über die Erde, ein Seitentrieb setzt den unterirdischen Stengel fort, kommt wieder an die Oberfläche u. s. w. Dadurch entstehen sehr lange, bis 6 m erreichende „Scheinachsen", die sich durch die schnurgerade angeordneten grünen Triebe über dem Boden bemerklich machen. Der unterirdische Stengel (Wurzelstock) riecht nach Terpentin. — Ähnlich: *C. ligérica*, die *Loire*-Segge, durch schlankere Stengel, schmälere Blätter und schmälere Flügel der Schläuche von voriger unterschieden, mit der sie oft zusammen vorkommt.

II. *Ohne Ausläufer*, dicht rasenförmig.

1. Schläuche innen flach, aufsen gewölbt, sperrig abstehend.

C. vulpina, fuchsbraune Segge. Stengel sehr scharf 3kantig mit *vertieften* Seitenflächen. Ähre meist einfach, dick. Schläuche 6—7nervig. Feuchte Wiesen. 30—90 cm. — *C. muricata*, sperrfrüchtige Segge. Stengel mit ebenen Seitenflächen, nur oberwärts rauh. Viel feiner als vorige. Auch auf ziemlich trockenen Wiesen. 15—60 cm.

2. Schläuche beiderseits gewölbt, aufrecht.

C. paradoxa, abweichende Segge. Gelbgrün. Untere Scheiden von *den faserigen Resten der vorjährigen Blätter umgeben* (faserschopfig), glänzend schwarzbraun. Rispe dicht, länglich. Schläuche 9—11nervig. Moorwiesen. 3—6 dm.

C. paniculata, rispige Segge. Graugrün, kräftig. Untere Scheiden nicht zerfasernd, schwarzbraun. Rispe *grofs und locker*. Deckspelzen breit silberweifs berandet. Sehr rauh. Sumpfwiesen. 5—9 dm. Ähnlich: *C. teretiuscula*, rundliche Segge, aber Blätter viel schmäler. Ähre dicht. Torfsümpfe. 3—6 dm.

C. Verschiedenährige Seggen. Ährchen deutlich in ♂ und ♀ geschieden, meist die oberen ♂, die unteren ♀. Narben 2 oder 3.

I. *Narben 2.*

1. *Dichte feste Rasen bildend,* mit langen Laubblättern. Blühender Stengel ganz am Grunde ohne Laubblätter, nur mit Blattscheiden.

C. stricta, steife Segge (Fig. 95). Graugrün oder dunkelgrün, kräftig. *Alle Blattscheiden netzfaserig,* hellgelbbraun. Sumpfige Wiesen,

in tiefen Sümpfen grofse Polster (Bülten) bildend und sie dadurch wegsam machend. 3—9 dm.

C. caespitosa, rasige Segge. Stengel schlaff. *Nur* die *unteren*, schwarzpurpurnen Scheiden netzfaserig. Blätter der nicht blühenden Triebe sehr lang. Fruchtbare, mäfsig feuchte Wiesen. Ziemlich grofse, sehr dichte, durch ihre hellgrüne Farbe auffallende Rasen bildend. 3—5 dm.

2. *Wie 1,* aber blühender Stengel schon am Grunde mit Laubblättern.

C. acúta (C. gracilis), spitzkantige Segge. Meist grasgrün. Blätter breit linealisch, trocken meist am Rande rückwärts gerollt. Stengel weit herab rauh. Tragblatt des untersten ♀ Ährchens den Stengel überragend. ♂ Ährchen 2—4, die 3—5 ♀ meist überhängend. Sumpfwiesen, Gräben, Ufer. Bis 1 m. (Nicht zu verwechseln mit C. acutiformis [S. 310]).

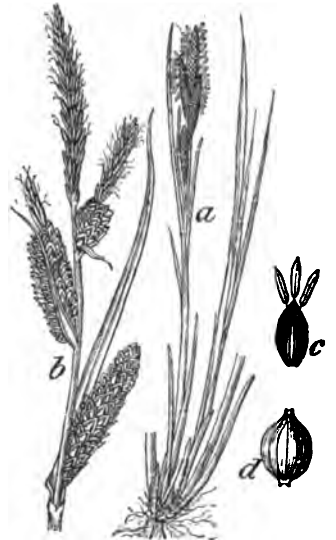


Fig. 94. Carex stricta.
a Junge blühende Pflanze, *b* fruchttragender Halm, *c* männliche Blüte mit Deckspelze (Tragblatt), *d* Frucht. (Nach Garcke.)

C. Goodenoughii (C. vulgaris), gemeine Segge. Meist graugrün, kleiner als vorige. Stengel nur oben rauh. Blätter schmal. Tragblatt des untersten ♀ Ährchens kürzer als der Stengel. ♂ Ährchen meist 1, seltener 2, ♀ 2—4, aufrecht. Deckspelzen stumpf. Wiesen, Triften, Gräben.

II. *Narben 3.*

1. Schläuche schnabellos oder kurz geschnäbelt.

C. panícea, hirseartige Segge. Mit Ausläufern. Stengel am Grunde beblättert, untere Scheiden braun. ♀ Ährchen meist 2, locker, oft wenigblütig. Schläuche sehr grofs, kugeligeiförmig, hirseartig. Feuchte Wiesen, Sumpfränder.

2. Schläuche mit kürzerem oder längerem 2-zähnigem Schnabel.

a) *Meist nur 1 ♂ Ährchen. Zähne des Schnabels gerade. Blattscheiden nicht netzfaserig.*

C. flava, gelbe Segge. Gelbgrün. ♀ Ährchen 2—3, rundlicheiförmig. Tragblatt des untersten weit abstehend. Schläuche wagerecht abstehend, aufgeblasen, mit zurückgekrümmtem Schnabel. Nasse, nicht torfige Wiesen. Auf sandigem Moorboden und in Heidemooren die var. *Oedéri* mit geradem Schnabel.

b) ♂ *Ährchen meist mehrere.* Zähne des Schnabels linealisch zugespitzt, *von einander abstehend.* Blätter und besonders Blattscheiden meist mit sehr entwickelten Quernerven, dadurch *gitterartig.*

α) Rasenförmig. (♂ Ährchen nur 1.) *C. Pseudo-Cýperus*, cypergrasähnliche Segge. Zuletzt gelbgrün. ♀ Ährchen 3—6, lang gestielt, zuletzt *hängend.* Sümpfe, Gräben, Ufer.

β) Mit Ausläufern.

1. Schläuche länger als die stumpflichen Deckspelzen, hellgrün. Untere Scheiden netzfaserig.

C. rostrata (C. ampullacea), geschnäbelte oder Flaschen-Segge. *Graugrün.* Stengel *stumpfkantig.* ♀ Ährchen 2—3. Schläuche fast *kugelig, aufgeblasen*, plötzlich in einen ziemlich langen Schnabel verschmälert, *horizontal abstehend.* Heidemoore, Gräben und moorige Ufer. 30—60 cm.

C. vesicária, Blasen-Segge. Grasgrün. Stengel *scharfkantig.* Schläuche *ei-kegelförmig*, allmählich in einen mäfsig langen Schnabel verschmälert, meist *schief abstehend*, sonst wie vorige. Gräben, Sümpfe, Ufer, nasse Wiesen, sowohl auf Moor- als auf humosem Boden. 30—60 cm.

2. Schläuche wenig länger oder kürzer als die zugespitzten Deckspelzen, olivengrün. Die Pflanzen graugrün.

C. acutiformis (C. paludosa), Sumpf-Segge. Scheiden netzfaserig. Stengel scharfkantig. Schläuche nicht aufgeblasen, eiförmig, zusammengedrückt. 3—9 dm. Sumpfwiesen, Ufer, Gräben. Von *C. acuta (C. gracilis)* durch die dicken ♂ Ährchen, die drei Narben, den 2zähnigen Schnabel und das Fasernetz unterschieden. (S. vorige S.)

C. riparia, Ufer-Segge. Die *gröfste und kräftigste deutsche* Art. 6—12 dm hoch. Durch die breiten, stark gegitterten Blätter und Blattscheiden leicht auffallend. Blattscheiden meist nicht netzfaserig, die unteren Deckspelzen der ♂ Ährchen stachelspitz, sonst wie vorige.

C. hirta, kurzhaarige Segge. Grasgrün. Blätter und Blattscheiden undeutlich gegittert, wie die Schläuche mehr oder weniger *behaart.* Wiesen, feuchte, aber auch trockene Sandstellen. 2—6 dm.

Kapitel VI.

Bau, Entwickelung und Systematik der Hülsenfrüchte (Leguminosae).

A. Bau und Entwickelung.

§ 64.

Allgemeines. Blüten oft median-zygomorph (jochgestaltig), d. h. gleich dem menschlichen Körper nur durch eine Ebene von vorn nach hinten in 2 symmetrische Hälften zu teilen. Nach der 5-Zahl gebaut, Kelch 5zähnig oder 2lippig, Blumenblätter 5, Staubgefäfse $2 \times 5 = 10$ (oder mehr). Fruchtknoten einfächerig, aus einem *einzigen* (wie ein Bogen Papier) zusammengefalteten Fruchtblatt gebildet, das an der Bauchnaht, d. h. in der Blüte an der Innenseite, die Samen trägt, welche man als verdickte, einwärts geschlagene Blattzähne ansehen kann. Die Frucht (Hülse) springt in zwei Klappen auf, indem sich das Fruchtblatt an seiner Rückennaht und an der Bauchnaht teilt (wie ein Buch, dessen Rücken zerreifst). Eine Scheidewand, wie bei den *Schoten* der Cruciferae, Kreuzblütler, ist gewöhnlich nicht vorhanden. Blüten stets *seitlich*. Blätter fast immer zusammengesetzt.

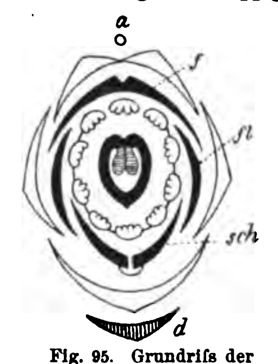


Fig. 95. Grundrifs der Papilionaten-Blüte. *a* Achse, *d* Deckblatt, *f* Fahne, *fl* Flügel, *sch* Schiffchen. 9 Staubfäden verwachsen, das 10. hintere frei. (Nach Kienitz-Gleroff.)

Die Leguminosen zerfallen in drei Unterfamilien, die man früher als eigene Familien ansah: *Papilionatae*, *Caesalpinioideae* und *Mimosoideae*, von denen nur die *ersteren* sog. *Schmetterlingsblüten* besitzen und für uns in Betracht kommen, da unsere Kleegewäsche und Hülsenfrüchte alle zu ihnen gehören.

§ 65.

Unterfamilie **Papilionátae,** *Schmetterlingsblütler,* früher als eigene Familie *Papilionáceae* (Fig. 95). Kelch 5zähnig, röhrig, zuweilen 2lippig, Kronenblätter 5, das hintere meist aufrechte heifst *Fahne* (vexillum) und deckt in der Knospe die zwei seitlichen, die *Flügel* (alae), und diese wieder die beiden vorderen, meist zu einem kahnförmigen Gebilde, dem *Schiffchen* oder Kiel (carina) verwachsenen (sog. absteigende Deckung). Die 10 Staub*fäden* (nicht die

Beutel) sind bei einigen (meist honiglosen) *alle* zu einer Röhre verwachsen (1brüderig), bei den meisten aber ist der hintere Staubfaden frei und deckt den Schlitz, welchen die Röhre der 9 übrigen hinten infolgedessen aufweist (2brüderig). Fruchtknoten von der Staubfadenröhre eingeschlossen, Griffel meist vorragend, Frucht eine Hülse (siehe oben), seltener durch Querwände geteilt (Gliederhülse, bei Serradella) oder quer aufspringende Kapsel (Rotklee).

§ 66.

Bau des Samens, Keimung und Entwickelung (Fig. 96). Im Gegensatz zu den Gräsern ist der Keimling im Samen sehr grofs und

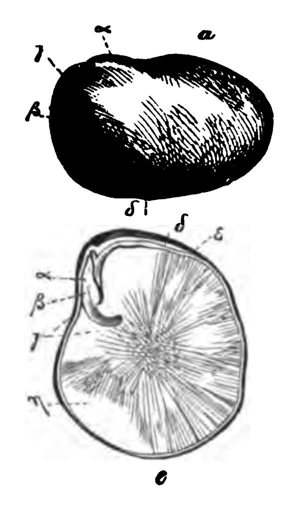


Fig. 96. Same der Pferdebohne, nach Nobbe. *a* Von aufsen, α Lage des Würzelchens, β Nabel, γ Mikropyle (Keimmund); *e* Same im Längsschnitt, α Samentasche, β Würzelchen, γ Federchen (Plumula), η Keimblatt, δ, ε Samenschale.

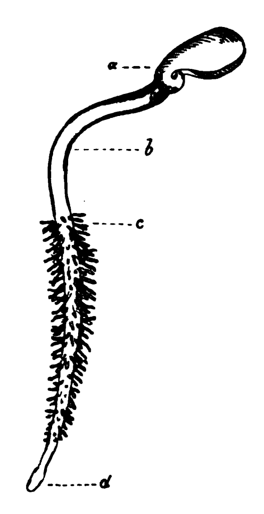


Fig. 97. Keimende Luzerne, nach Nobbe. *a* Keimblätter (Kotyledonen), *b* hypokotyles Stengelglied, an der Spitze gewunden, *c* Würzelchen mit Wurzelhaaren, *d* Wurzelhaube.

nimmt mit seinen beiden grofsen Keimblättern fast den ganzen Raum ein, so dafs für Nährgewebe (Endosperm) meist kein Platz bleibt, dafür sind aber die Keimblätter selbst mit Stärkemehl und Eiweifsstoffen (Proteïn) erfüllt. Die beiden Hälften einer Bohne oder Erbse sind die Keimblätter. Die Plumula und die Radicula liegen zwischen ihnen und sind nur klein.

Bei der Keimung (Fig. 97) tritt zuerst das Würzelchen aus der Mikropyle oder dem Keimmund, welchen man z. B. bei der weifsen Bohne als einen Nadelstich neben dem Nabel erkennt, hervor, dann erst folgt das Knöspchen, die Plumula, und streckt die beiden Keimblätter wie bei den meisten Pflanzen bald *über* die Erde. Bei der ganzen Gruppe der

Wicken, Erbsen etc. (Vicieae) bleiben sie aber *unter* der Erde, ebenso bei der Feuerbohne.

Manche Samen von Hülsenfrüchten, besonders von wildwachsenden, keimen schwer, weil ihre Schale so hart ist, dafs sie kein Wasser durchläfst, so z. B. der wilde Lathyrus silvester und selbst manche Rotkleesamen. Durch Ritzen kann man die Wasseraufnahme beschleunigen, und dann keimen sie leichter. Auch durch längere Kultur werden sie durchlässiger.

§ 67.

Bau der Wurzel, Wurzelknöllchen, Impfung. Die Hülsenfrüchte haben, wie die meisten Dikotyledonen, eine Haupt- oder Pfahlwurzel und viele Seitenwurzeln. Was sie aber besonders auszeichnet, sind die *Wurzelknöllchen* (Fig. 98). Diese nehmen aus dem Rindengewebe der Wurzel ihren Ursprung und sind den Gallbildungen zu vergleichen. Sie werden erzeugt durch einen Spaltpilz (Rhizóbium leguminosarum, synonym Bacillus radicícolum). Die Gestalt ist nach den Gattungen verschieden. Bei den Lupinen bilden sie grofse, kugelige oder kropfartige Gebilde an der Hauptwurzel, bei vielen andern sitzen sie mehr an den Seitenwurzeln und sind kleiner, oval oder spindelförmig. Bei Wicken und Serradella etc. sind sie gelappt. Diese Gallen sind reich mit der stickstoffreichen Substanz der Bakterien erfüllt, die von der Pflanze zur Fruchtbildung aus ihnen entnommen wird. Zur Fruchtzeit sind die Knöllchen daher meist leer, einzelne Bakterien finden sich aber doch noch darin; diese gelangen bei Verwesung der Knöllchen wieder in den Erdboden, wo sie neue Wurzeln infizieren können.

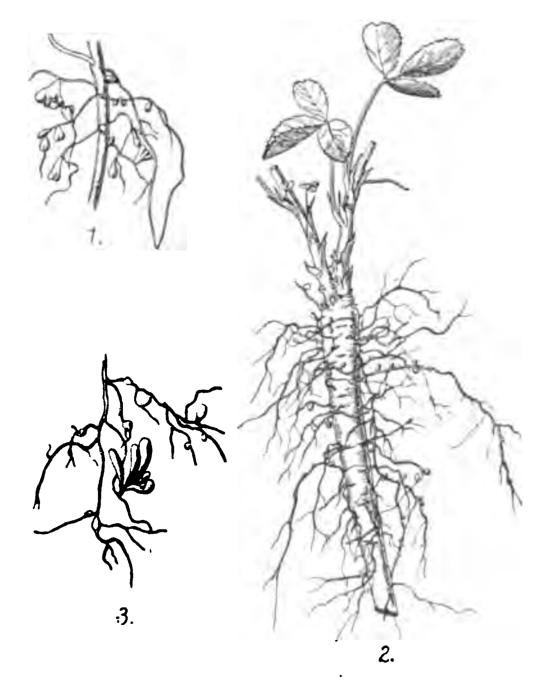


Fig. 98. Wurzelknöllchen der Leguminosen. *1.* Vicia silvatica. *2.* Melilotus officinalis. *3.* Einzelne Knöllchen von Melilotus officinalis, vergröfsert.

Impfung. Durch Unterhacken von wenig Erde eines Feldes, auf dem Saubohnen gestanden, hat man andere Felder, auf denen Saubohnen nicht wachsen wollten, zu grofser Fruchtbarkeit gebracht. Offenbar waren die Wurzelbakterien mit der Erde dem letztgedachten Felde eingeimpft worden. Ähnlich bei Lupinen, Klee u. s. w. In neuester Zeit sind die Bakterien der Wurzelknöllchen von Nobbe und Hiltner künstlich gezüchtet worden und werden unter dem Namen *Nitragin* von den Farbwerken in Höchst a. M. in den Handel gebracht.

Die lange bekannte Tatsache, dafs die Leguminosen Stickstoffsammler sind, findet durch das freundschaftliche Zusammenleben (Symbiose) dieses Pilzes mit ihnen eine gewisse Erklärung.

§ 68.

Bau des Stengels und der Blätter. Der Stengel ist wie der der meisten Dikotyledonen gebaut, d. h. im Innern findet sich das Mark, dann folgt das Holz, darauf ein Kambiumring (die Neubildungsschicht) und dann der Bast. Aufsen findet sich als Analogon des Markes die innere Rinde und dann folgt schliefslich die Oberhaut. Der ganz jugendliche Stengel besteht nur aus Grundgewebe (das später noch als Mark und innere Rinde vorhanden ist). Da aber die Gefäfsbündel (Adern) der Blätter sich auch rückwärts in dem Stengel hinunterziehen, entstehen die festeren Teile. Oft verschwindet schliefslich das Mark, dann wird der Stengel hohl. Mehrjährige Schmetterlingsblütler zeigen wie alle Dikotyledonen in ihrem Stamme Jahresringe, oft auch sog. falsche Jahresringe.

Die *Blätter* der Papilionatae sind meist zusammengesetzt, entweder 3zählig, d. h. aus 3 Blättchen gebildet, wie beim Klee und den Gartenbohnen, Phaseolus vulgaris, oder gefiedert. Wenn letzteres, so ist oft ein Endblättchen vorhanden (unpaarig gefiedert); fehlt es (paarig gefiedert, Erbsen, Wicken etc.), dann bilden sich die Mittelnerven der 2 obersten Blättchen gewöhnlich zu Ranken um, oder der Hauptstiel zu einer Stachelspitze.

Wie bei den meisten Dikotyledonen sind die Blätter netzaderig. Viele Leguminosen haben (sehr deutlich die Gartenbohne) an der Basis der einzelnen Blättchen ein Gelenk, dessen Zellen sich je nach den Tageszeiten auf einer Seite des Stielchens mehr mit Wasser füllen, so dafs das Gelenk aufwärts oder abwärts gekrümmt wird. Hierdurch wird der Schlaf mancher Blätter, die Tag- und Nachtstellung, hervorgerufen. Es gibt übrigens auch viele Laubblätter ohne Gelenke, welche in der Nacht eine Schlafstellung annehmen. Da kommen die Bewegungen durch einseitiges Wachstum zu stande.

§ 69.

Bestäubung. Die Bestäubung erfolgt meist mit Hilfe von Insekten, und die meisten haben deswegen schön gefärbte Blüten („Blumen“). Das Schiffchen

schützt die in ihm liegenden Geschlechtswerkzeuge gegen Regen und unberufene Blumengäste. Der Honig wird bei den honigliefernden Arten auf den Innenseiten der vereinigten Staubfadenbasen abgesondert und in einem ringförmigen Hohlraum zwischen Staubblattzylinder und Fruchtknoten angesammelt. Dort findet sich links und rechts von der Basis des oberen freien Staubfadens, der den Schlitz der Röhre sonst bedeckt, je eine ovale Spalte (Saftlöcher), in welche die Insekten ihren Rüssel stecken müssen. Bei honiglosen Schmetterlingsblütlern

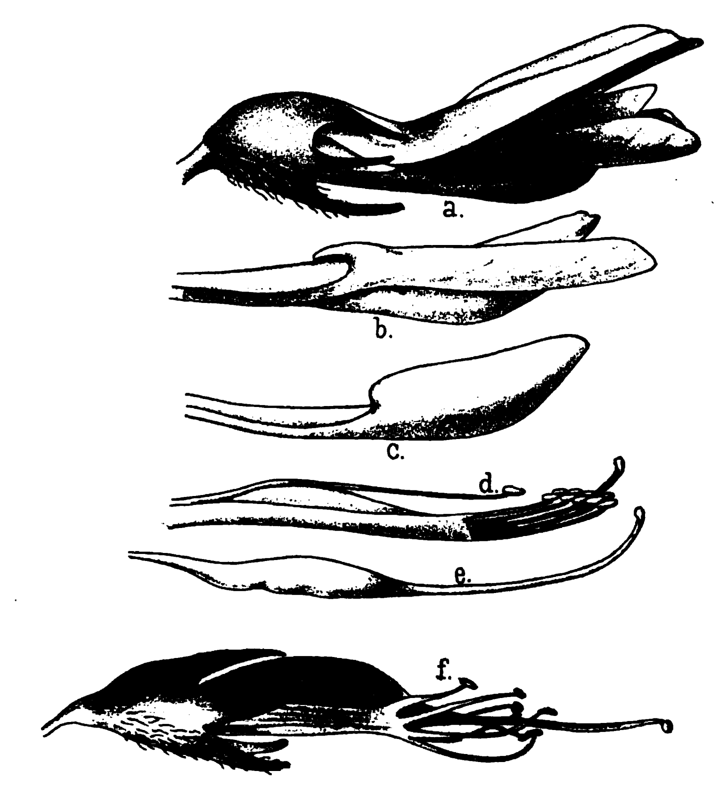


Fig. 99. Melilotus officinalis. *a* Blüte von der Seite, *b* Flügel und Schiffchen, *c* Schiffchen, *d* Staubfädenröhre, *e* Fruchtknoten, *f* Fahne, Schiffchen und Flügel entfernt.

sind diese Saftlöcher unnütz, und gewöhnlich verwächst dann der 10. Staubfaden mit den übrigen 9, die sonst eine oberseits aufgeschlitzte Röhre darstellen, zu einer geschlossenen Röhre. Hauptsächlich sind bei uns Bienen und Hummeln (siehe unten beim Klee) die Bestäuber. Insekten, welche einen zu kurzen Rüssel haben, pflegen durch Zerbeifsen der Blüte am Grunde den Honig zu rauben. Die normale Einsatzstelle für den Insektenrüssel wird oft durch ein auffallend gefärbtes „Saftmal" an der Fahne, die man als Schauapparat, Wirtshausschild, ansieht, bezeichnet. Das Insekt setzt sich meist auf Schiffchen oder Flügel oder

auf beides, drückt durch sein Gewicht das Schiffchen hinunter und bestäubt seine Unterseite mit Blütenstaub. Flügel und Schiffchen sind meist gelenkartig verbunden, indem eine Aussackung des Flügelgrundes in eine entsprechende Vertiefung des Schiffchens eingreift, sodafs eine Art Winkelhebel entsteht.

Die *Ausstreuvorrichtung des Pollens* ist verschieden (Einteilung nach Loew).

1. *Klappvorrichtung.* Hier treten beim Niederdrücken des Schiffchens die Antheren (Staubbeutel) an den Leib des Insektes, und die Blumenteile klappen nach erfolgtem Besuch wieder in ihre frühere Lage zurück. So bei Trifolium pratense, Melilotus officinalis (Fig. 99), Goldregen etc.

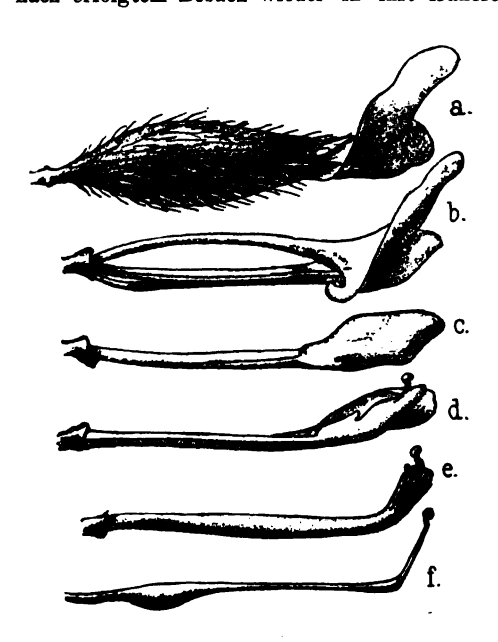


Fig. 100. Anthyllis vulneraria, Wundklee. *a* Blüte von der Seite, *b* nach Entfernung des aufgeblasenen Kelches, *c* Flügel, *d* Schiffchen und 1 Flügel, *e* Staubfädenröhre in der *Blüte*zeit, *f* Fruchtknoten.

2. *Pumpenvorrichtung.* Das Schiffchen bildet an der Spitze einen Hohlkegel, in dessen Basis die frühzeitig aufspringenden 5 äufseren grofsen Staubbeutel hineinragen, sodafs sein oberer Teil sich mit Pollen füllt; die fünf inneren kleinen Staubbeutel mit verdickten Fäden wirken als Kolben und pressen beim Niederdrücken des Schiffchens den Blütenstaub in Form einer Nudel aus der Schiffchenspitze. Bei stärkerem Druck tritt auch die Narbe heraus. So Lotus corniculatus, Anthyllis vulneraria (Fig. 100), Lupinus, Ononis spinosa (bei letzterer Vorrichtung 2 + 1 vereinigt).

3. *Explosionsvorrichtung.* Die sehr elastische Staubfädenröhre wird im Schiffchen durch eine Hemmungsvorrichtung in Spannung erhalten. Sobald das Schiffchen niedergedrückt wird, schnellt der Geschlechtsapparat hervor, wobei die Narbe mit dem Körper des Besuchers in Berührung kommt und kurz darauf auch lockerer Blütenstaub gegen das Insekt geschleudert wird. Ein Zurückkehren der Geschlechtsteile in ihre frühere Lage findet hier nicht statt, sodafs ein einmaliger Insektenbesuch ausreichen mufs. Beispiele: Medicago sativa, Luzerne (Fig. 101), M. falcata, Genista anglica, G. tinctoria.

4. *Bürstenvorrichtung.* Der Griffel trägt am oberen Ende dicht unterhalb der Narbe einen einseitigen Haarbesatz, an und über welchem in der ihn

umschliefsenden Schiffchenspitze sich Pollen ansammelt. Bei Abwärtsbewegung von Flügel und Schiffchen tritt die Griffelbürste hervor und fegt portionenweise



Fig. 101. Medicago sativa, blaue Luzerne. *a* Blüte von der Seite, *c* von vorn, Staubfädenröhre noch im Schiffchen; *b* Blüte von vorn, mit der hervorgeschnellten, gegen die Fahne gekrümmten Staubfädenröhre, *d* letztere von der Seite.

Blütenstaub hinaus. Beispiele: Vicia Cracca, V. sepium, V. Faba (Fig. 102), Pisum (letztere vereinigt Pumpen- und Bürstenvorrichtung und ist selbstbefruchtend),

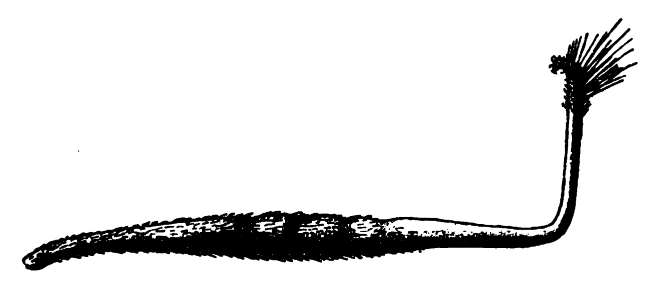


Fig. 102. Vicia faba. Fruchtknoten und Griffel, an letzterem der als Bürste dienende, auf der äufseren Seite befindliche Bart.

Lathyrus (Fig. 103), Phaseolus vulgaris (Bohne); bei letzteren beiden tritt die Bürste schief hervor, und der Pollen wird nicht an der Bauchseite des Insekts, sondern an dessen linker oder rechter Seite abgesetzt.

B. Systematik.

§ 70.

Systematische Übersicht der Papilionatae. (Nach Engler und Prantl, „Natürliche Pflanzenfamilien".)

I. Keimblätter meist flach, über die Erde tretend.

Tribus 1. *Sophóreae.* Staubfäden frei, nicht verwachsen. Blätter gefiedert. Ausländer. Sophora japonica, Zierstrauch.

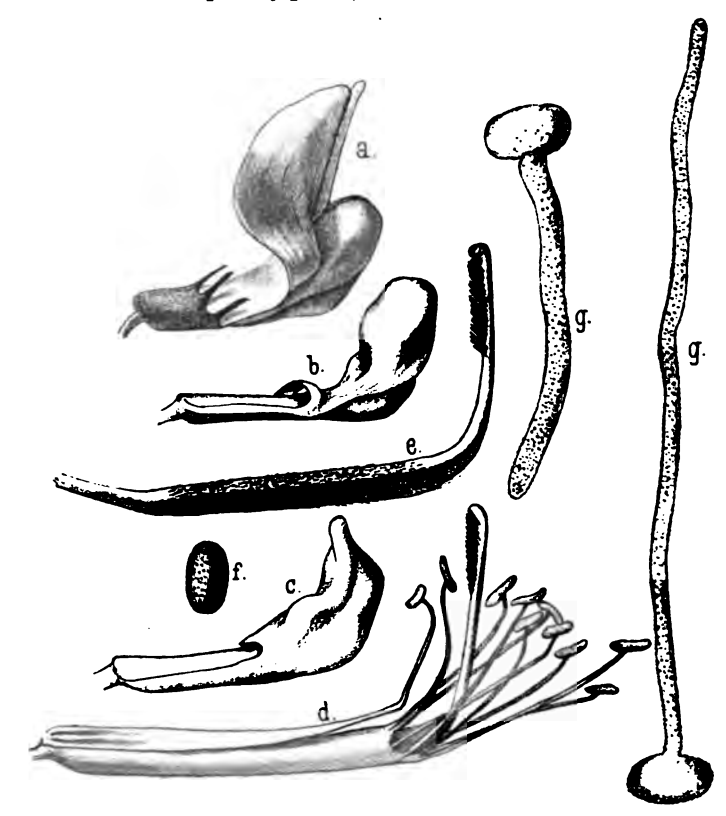


Fig. 103. Lathyrus pratensis, Wiesen-Platterbse. *a* Blüte von der Seite, *b* nach Entfernung von Kelch und Fahne, *c* Schiffchen, *d* Staubfädenröhre und Griffel, *e* Fruchtknoten mit Griffel und seiner Bürste, *f* Pollenkorn, *g*, *g* Pollen, Schläuche treibend.

Tribus 2. *Podalyríeae.* Ebenso. Blätter einfach oder gefingert. Ausländer.

Tribus 3. *Genísteae.* Alle 10 Staubfäden zu einer Röhre verwachsen. Blätter mit 3 ganzrandigen Blättchen.

Tribus 4. *Trifolíeae.* Hinterer Staubfaden frei (ausgenommen *Ononis*). Blätter mit 3 gezähnelten Blättchen.

Tribus 5. *Lóteae.* Hinterer Staubfaden frei (ausgenommen *Anthyllis* vor der Blüte). Blätter mit 3 ganzrandigen Blättchen.

Tribus 6. *Galégeae.* Hinterer Staubfaden frei (ausgenommen *Galega*). Blätter unpaarig gefiedert, ohne Ranken.

Tribus 7. *Hedysáreae.* Ebenso. Blätter wie vorige; Hülse aber quer gefächert und meist in Glieder zerfallend.

II. Keimblätter dick, unter der Erde bleibend.

Tribus 8. *Vicíeae.* Ebenso. Blätter paarig gefiedert, mit Ranken. Hülse wie gewöhnlich, einfächerig.

III. Keimblätter dick und fleischig, meist über die Erde tretend.

Tribus 9. *Phaseóleae.* Ebenso. Blätter mit 3 ganzrandigen Blättchen. Stengel meist windend.

§§ 71 bis 78.

Beschreibung der wichtigsten Arten.

§ 71.

Tribus 3. **Genísteae.** *Staubfäden 1 brüderig* (alle 10 zu einer Röhre verwachsen), *Flügel der Blumenkrone am oberen Rande faltig-runzelig.* Blätter mit 3 ganzrandigen Blättchen.

(Gattung) ***Ulex*** (bei Plinius Name eines Strauches). Kelch 2lippig, Hülse gedunsen. (Art) *U. europaeus,* Stech- oder Stachelginster. Blätter pfriemlich-linealisch, mit stark stechender Spitze. Blüten klein, gelb, ihr Tragblatt so lang als der Blütenstiel. Als immergrünes Viehfutter empfohlen, aber wegen der vielen Stacheln kaum bei uns verwendbar; verlangt Seeklima, wintert sonst leicht aus. ♃. Mai, Juni.

Sarothamnus (σάρος Besen und θάμνος Strauch). Kelch 2lippig, Griffel sehr lang, uhrfederartig aufgerollt. *S. scoparius*, *Besenpfriemen.* Strauch oft fast baumartig. Äste grün, rutenförmig, kantig. Blüten grofs, gelb. Sandige Hügel und Wälder, besonders im nordwestlichen Deutschland. ♃. 5–6. Die Ruten zu Besen verwandt, als sog. Brambesen, geben auch gute Vieh-Streu, was bei Separationen beachtenswert ist. In der Priegnitz wird das Holz nach Ascherson und Graebner als Brennholz geschätzt.

Genísta (Pflanzenname bei Vergilius), *Ginster.* Griffel pfriemlich, aufsteigend, Narbe schief. Wichtigste *Art: G. tinctoria, Färber-Ginster.* Stengel dornenlos, Blätter meist einfach, nicht zu 3, indem die beiden seitlichen fehlen, länglich oder elliptisch, am Rande weichhaarig; *Blüten gelb*, in *endständigen Trauben, Blumenkrone und die lineal-länglichen Hülsen kahl.* Kleiner Strauch, trockene Wiesen, Felder, Wälder.

Lupínus (Name bei den Römern, welche sie schon als bodenverbessernd kannten), *Lupine,* Wolfsbohne. Kelch 2lippig, Flügel an der Spitze verwachsen, Schiffchen geschnäbelt. Griffel pfriemlich, Narbe kopfig, Hülse lederartig, mit schwammigen Querwänden. Blätter meist *gefingert.*

A. *Blüten in endständiger, langer Traube, quirlig, sitzend, in der Knospe mit Deckblättchen versehen.*

L. luteus, gelbe Lupine. Dicht behaart, Blättchen *länglich* bis lanzettlich. Oberlippe des Kelches 2*teilig*, Unterlippe 3zähnig. Blüten gelb, wohlriechend, 0,30—1 m. Same platt, weifs mit schwarzbraunen Flecken. ⨀. Stammt aus Südeuropa und wird jetzt auf sandigem Boden im grofsen gebaut. Bekanntlich einer der besten Stickstoffsammler. Hauptwurzel spindelförmig, mit grofsen Wurzelknöllchen. Meidet Kalkboden.

Ändert ab: b) *leucospermus,* Same ganz weifs.
c) *melanospermus,* sibirische Lupine, Same ganz schwarz.

B. *Blüten in endständiger, kurzer Traube, wechselständig, gestielt. Deckblattlos.*

L. angustifolius, blaue Lupine. Angedrückt-behaart. Blättchen linealisch. Oberlippe des Kelches 2*spaltig*, Unterlippe fast 3spaltig. Blumen blau. 0,30 bis 1,25 m. Auf Sand- und mergeligem Boden gebaut. Samen dick, eiförmig, blaugrau mit braunen Punkten. Ebenfalls trefflicher Stickstoffsammler, nicht solcher Kalkfeind wie die gelbe.

Ändert ab: b) *diploleucus*, doppeltweifse Lupine, ostpreufsische weifse Lupine, oder einfach *weifse Lupine* genannt. Blüten und Samen weifs. Nicht zu verwechseln mit der südeuropäischen echten, weifsen Lupine, L. albus, die viel gröfsere, fast 4eckige, platte Samen hat.

Verwandt ist *L. hirsutus* mit blauen Blüten. Mittelmeergebiet.

Aus Amerika stammen viele Gartenlupinen und auch die als Wildfutter gebaute perennierende Lupine *L. polyphyllus* aus Kalifornien, mit sehr langen blauen Trauben.

Die Samen aller Lupinen enthalten bekanntlich mehr oder weniger Bitterstoff (Lupinin), der bei Schafen Lupinose (Gelbsucht) hervorrufen kann. — Auch die Samen des Goldregens sind giftig.

§ 72.

Tribus 4. **Trifolieae.** *Kleegewächse. Staubfäden* 2*brüderig* (9 + 1), (mit Ausnahme von Ononis), *Blätter* 3*zählig* (ausgenommen Trifolium Lupinaster und Lotus), mit *gezähnelten* Blättchen.

Onónis (ὄνωνις, Pflanzenname bei Dioskorides), *Hauhechel.* Kelch zur Fruchtzeit offen. Staubfäden alle 10 verwachsen, Schiffchen pfriemlich geschnäbelt, Hülse aufgeblasen.

Wichtigste Art: *O. spinosa, dornige Hauhechel.* Stengel aufrecht oder aufstrebend, *von* 1—2*reihigen Haaren zottig* und zerstreut-drüsenhaarig; Äste *dornig,* Dornen meist zu 2, Blättchen eiförmig-länglich, gezähnelt, ziemlich kahl; Blüten *blattwinkelständig, einzeln oder zu zweien, rosenrot. Hülsen* eiförmig, so *lang* oder *länger als der Kelch.* ♃. Triften, Wege, Wiesen. Juni, Juli. 30—60 cm. Im Heu wegen der Dornen sehr unangenehm und deshalb auszurotten; namentlich häufig auf den Wiesen in den Dünentälern.

Medicágo (medicus medisch, agere führen, die Luzerne ward aus Medien eingeführt), Schneckenklee. Schiffchen stumpf; Staubfädenröhre nach Berührung elastisch aufwärts schnellend, sich der Fahne anlegend (siehe Bestäubung S. 316), und vielleicht dadurch Anlafs zur Schneckenform der in ihr liegenden jungen Hülse gebend. *Hülse nierenförmig, sichelförmig* oder *schneckenförmig gewunden*. 1- bis vielsamig.

a) *Trauben reichblütig, Hülsen dornenlos.*

M. sativa, Luzerne (Fig. 101 u. 104). Wurzelstock vielköpfig. Stengel aufrecht. Nebenblätter aus eilanzettlichem Grunde pfriemlich. Blättchen



Fig. 104. Medicago sativa.
a Blüte, längs durchschnitten,
b, *c* Hülsen.
(Nach Garcke.)



Fig. 105. Medicago falcata.
Oben rechts Blüte,
links Hülse.
(Nach Stebler und Schröter.)

vorn gezähnelt, die der unteren Blätter länglich-verkehrt-eiförmig, die der oberen linealisch-keilig. *Trauben länglich.* Blüten 7 bis 11 mm lang. Hülsen zu einer *lockeren* Spirale zusammengerollt. *Windungen 2—3*, im *Mittelpunkt offen*. ♃. Juni bis September. Blumenkrone bläulich oder violett. 0,3—0,9 m. Standort: Milder, humoser Lehm- und Tonboden, mergeliger Boden. Viele (20—30) Jahre dauernd, widersteht wegen ihrer bis 3 m und mehr tief gehenden Wurzeln gut der Trockenheit. Aufserordentlich wichtige Futterpflanze.

Same 2—3 mm lang, ei- bis bohnenförmig, wenig gekrümmt, gelb. Würzelchen halb so lang als die Keimblätter.

M. falcata, Sichelklee, sichelfrüchtige Luzerne (Fig. 105). Stengel niederliegend oder aufsteigend. *Hülsen* nur eine halbe Windung machend, daher *sichelförmig gebogen*, selten eine ganze Windung oder ganz gerade. *Blumen gelb*, sonst wie vorige. ♃. Trockene Wiesen, gern auf Lehm. Juni bis September. Same nicht im Handel.

M. media (M. varia, M. falcata × sativa), Sandluzerne. Natürlicher Bastard zwischen 1. und 2. Blumenkrone anfangs gelb, dann grasgrün, zuletzt bläulich oder braun, mitunter anfangs blafsgelb und dann bläulich, zuweilen auch von Anfang an blau. Hülsen *meist mit* $1^1/_2$—2 *Windungen*, doch auch $^1/_2$—$2^1/_2$. ♃.



Fig. 106. Medicago lupulina. (Nach Stebler und Schröter.)

Wird auf leichterem Boden als die eigentliche Luzerne gebaut. Der Same entwickelt sich sparsam, sieht oft verschrumpft aus und ist meist teurer als der der gewöhnlichen Luzerne.

M. lupulina, Hopfenluzerne, Hopfenklee, Gelbklee (Fig. 106). Stengel ausgebreitet, ästig. Blättchen vorn gezähnt, verkehrt-eiförmig-keilig, die der obersten Blätter schmäler. *Trauben ährig-kopfförmig.* Blüten nur $1^1/_2$—3 mm lang, goldgelb. Fruchtstand einem Hopfenzapfen ähnlich. Hülsen nierenförmig, netzaderig, gedunsen, im Mittelpunkt geschlossen, reif *schwarz.* ☉ und oft ♃. Wiesen. — Viel in Kleegrasgemengen, auch auf Moorwiesen gebaut. Same kleiner als Luzernesamen, rundlich-oval mit *vorragender* Spitze des Würzelchens, mitunter als Verfälschung des Luzernesamens. 15—60 cm.

b) *Trauben wenigblütig. Hülsen stachelig.*

M. minima, kleinster Schneckenklee. Dicht zottig. Hülsen fast aderlos, mit 5 Windungen, am Rande mit 2 Reihen hakiger Stacheln. ☉. Trockene Hügel, stellenweise. Blüten gelb. 10—30 cm.

Bemerkung. Viele mit dornigen Hülsen versehene Arten, wie M. hispida, arabica etc. kommen zum Teil als „Wollkletten“ in überseeischer Wolle vor; ihre Samen werden in den Wollwäschereien gewonnen und dienen mitunter zur *Verfälschung der echten Luzerne.* Diese Samen unterscheiden sich meist durch ihre *gröfsere Länge*, ein *längeres*

Würzelchen und oft (durch die Behandlung der Wolle) *schwärzliche Farbe*. Da sie alle einjährig sind und gelb blühen, würde ihr Zusatz leicht bemerkt werden, wenn man nicht die Keimkraft der Samen absichtlich durch Dörren tötete! Jetzt kommen sie wenig mehr vor. — Ursprünglich stammen diese Arten meist aus Südeuropa, ihre Früchte sind aber mit den Schafen über das Meer gewandert und kehren nun als Wollkletten zurück.

Melilótus (μέλι Honig und λωτός eine Kleeart), *Steinklee*. Blüten klein, bei unseren Arten in *langen* gestielten Trauben; Schiffchen stumpf, Hülse



Fig. 107. Melilotus officinalis. *a* Fahne, *b* Flügel, *c* Schiffchen, *d* Kelch mit Staubgefäfsen, *e* unreife, *f* reife Frucht. (Nach Garcke.)



Fig. 108. Trifolium pratense. *a* Kelch, *b* Blüte, *c* Blumenkrone, aufgeschnitten, *d* Fruchtknoten, *e* Fruchtkelch mit Hülse, *f* Same, Querschnitt. (Nach Garcke.)

sehr kurz, fast kugelig, meist einsamig, unvollkommen aufspringend. Nebenblätter am Grunde mit dem Blattstiel verwachsen.

M. officinalis, gebräuchlicher Steinklee (Fig. 107). Stengel aufsteigend. Nebenblätter pfriemlich-borstlich, ganzrandig. Trauben dünn, locker, gelb. Flügel so lang als die Fahne, *länger* als das Schiffchen. Hülsen eiförmig, stumpf, stachelspitz, querfaltig, wenig netzig-runzelig, *kahl*, reif gelbbraun. ⨀. Ackerränder, Wege, Triften, gern auf *Lehm*. Juli bis September. 0,5—1 m.

M. altissimus (M. macrorrhizus), hoher oder langwurzeliger Steinklee. Trauben dicker, dichter. Flügel und Schiffchen so lang als die

Fahne. Hülsen zugespitzt, deutlich netzig-runzelig, reif schwarz, weichhaarig. Sonst wie voriger. Wiesen, an Gräben, gern auf *Salz*boden. Blume dunkler, goldgelb, Fahne braun gestreift. ⨀. 6—12 dm.

M. albus, weifser Steinklee, Bokharaklee. Stengel aufrecht. *Blumen weifs. Hülsen* stumpf, stachelspitz, *netzig-runzelig, kahl.* ⨀. Besonders auf Lehm und lehmigem Sand. 1—2 m hoch. Wächst bei uns überall wild, kommt nicht aus der Buchharei. Verdient wegen seines nach dem Trocknen übermäfsig starken Geruchs nach Cumarin, der auch den beiden vorigen eigen, und seiner harten Stengel nicht die ihm gewordenen Empfehlungen.

§ 73.

Trifolieen. (Fortsetzung.)

Trifólium (schon bei Plinius; von tres drei und folium Blatt). Blumenkrone *verwelkend, bleibend,* die eiförmige, 1- bis 4samige, *kaum oder unregelmäfsig aufspringende Hülse* einschliefsend. Staubfädenbündel *mit der Blumenröhre* mehr oder weniger *verwachsen. Nebenblätter am Grunde mit dem Blattstiel verwachsen.* Blüten in *köpfchenartigen* Ähren oder Trauben.

A. Die einzelnen Blüten sitzend.

a) Kelchschlund innen mit einer schwieligen Leiste oder einem Haarkranz.

1. Kelchröhre aufsen *weichhaarig* oder *zottig.*

T. pratense, Wiesenklee, Rotklee (Fig. 108). Wurzelstock vielköpfig. Hauptachse kurz, nie blühend, eine bodenständige Laubrosette tragend. Stengel aufsteigend, kantig, nicht hohl, angedrückt behaart, aus den Achseln der untersten Laubblätter entspringend und in der Achsel des obersten Blattes oder der beiden obersten Blätter Blütenköpfe tragend. Nebenblätter eiförmig, im freien Teil *dreieckig, plötzlich in eine Granne übergehend,* mit 7—9 sich gabelnden, grünen Längsadern, Blättchen *elliptisch oder eiförmig,* gewimpert, unterseits behaart, jedes Haar auf 1 Wärzchen. Köpfchen kugelig, oft zu 2, meist von kurz gestielten Blättern umhüllt; das oberste scheinbar endständig. Kelchröhre weifs, mit 10 grünen Nerven, Kelchzähne 5, fadenförmig, der unterste fast doppelt länger. Kelchschlund mit Haarkranz. Blume meist purpurn. Flügel und Schiffchen kürzer als die Fahne, alle Blumenblätter mit ihren Stielen und 9 Staubfäden zu einer langen Röhre verwachsen. Die Flügel haben am Ende des Stiels einen rückwärts gerichteten Haken, der gelenkartig über das Schiffchen greift (wie bei Melilotus S. 315, Fig. 99, b). Bestäubung meist durch Hummeln. Fruchtknoten mit 2 Samenanlagen, von denen sich nur eine entwickelt. Griffel kurz. Hülse eiförmig, mit dem hakigen Griffelrest gekrönt, nicht mit 2 Klappen aufspringend. Der obere Teil der Hülse bildet ein glattes, pergamentartiges Käppchen (Deckel), der untere, gröfsere, ein runzeliges, dünnhäutiges Becherchen, das unregelmäfsig zerreifst, wenn

der Deckel nicht abfällt. Same länglich-rund, etwas flach, oft fast beilförmig wegen des an einer Kante liegenden vorragenden Würzelchens, das die halbe Länge der Keimblätter hat. Farbe des Samens gelb oder rötlich, oft violett. Nach Preyer sind die gelben Samen die besten.

Wild in fast ganz Europa und im westlichen und mittleren Asien; in Amerika eingeführt, aber verwildert. In den Alpen (in einer weifsblütigen alpinen Form) bis 2500 m Höhe. — Gedeiht am besten auf humusreichem Mergelboden, sowie auf Lehm- und Tonboden mit etwas Kalk.

Abarten: a) *T. pratense pratarum,* wilder Wiesenklee. Wurzel sehr faserig. Stengel mehr behaart, meist voll, nicht hohl, Köpfchen meist einzeln, die 2 Laubblätter dicht darunter. Dauert länger aus und heifst auch *T. prat. perenne*, ausdauernder oder Bullenklee, engl.: Cowgras. Same unansehnlicher, aber teurer. Wird auch gebaut.

b) *T. pratense sativum,* gebauter Wiesenklee. Meist nur 2jährig. Von diesem gibt es, je nach der Heimat, viele Sorten, die sich schwer unterscheiden lassen: Brabanter, steierischer, normannischer, schlesischer, italienischer, amerikanischer etc. Die Saat des letzteren wird viel eingeführt, die daraus erwachsenden Pflanzen sind aber meist sehr behaart und gegen strenge Winter nicht so widerstandsfähig.

T. alpestre, *Waldklee*. Stengel aufrecht, angedrückt behaart. Blättchen *länglich-lanzettlich,* Nebenblätter lanzettlich-pfriemlich. Köpfchen meist 2, von Blättern umhüllt, Kelchröhre 20*nervig*, zottig. ♃. Trockene Laubwälder und Wiesen. Juni — August. 0,30 m. Blume purpurrot (vergl. T. rubens, S. 326).

T. pannonicum, pannonischer Klee. Stengel steif aufrecht, hoch, ganze Pflanze rauh behaart. Nebenblätter an den Blattstiel angewachsen, der freie Teil grün, lanzettlich-pfriemenförmig, sehr lang, so lang oder länger als der angewachsene Teil. Blättchen länglich-lanzettlich, stumpf. Köpfchen grofs, länglich-oval. Kelch 10nervig, zottig, Kelchzähne aufrecht, lanzettlich-pfriemenförmig, der untere doppelt so lang wie die übrigen, so lang als die Flügel, Fahne noch $^1/_2$mal länger.

Blumen weifslich oder gelblich-weifs. ♃. Juni und Juli. Neuerdings wird dieser ungarische Klee, trotz seiner starken Behaarung, für rauhe Gegenden und nicht zu trockenen, aber tiefgründigen Boden als sehr dauerhaft von Dr. Stebler, Zürich, empfohlen.

T. incarnatum, *Inkarnatklee*. Stengel aufrecht, nebst den Blättern zottig, Blättchen *verkehrt-eiförmig,* vorn gezähnelt. Nebenblätter eiförmig, gezähnelt. Ährchen eiförmig, zuletzt walzlich. Zähne des Kelches lanzettlich-pfriemlich, *kürzer als die Krone*, die des fruchttragenden Kelches abstehend. ⊙. In Mittel- und Süddeutschland viel auf Feldern gebaut. Blume *purpurrot,* zuweilen weifs. 0,30—0,50 m. — Wird in mildem Klima im Herbst gesät und gibt dann schon sehr früh, im Mai und Anfang Juni, einen reichen Schnitt.

T. arvense, Acker-, Katzen- oder Mäuseklee. Blättchen linealisch-länglich. Nebenblätter eiförmig, zugespitzt. Köpfchen länglich oder walzenförmig, *sehr zottig,* dadurch mäusegrau. Kelchzähne pfriemlich, borstenförmig, *länger* als die weifsliche, später fleischfarbige Krone. ⊙. Äcker, Sandfelder. Juli — September. 0,10—0,30 m. Für Wiesen wertlos, auf Schafweiden nicht ganz zu verachten.

2. Kelchröhre aufsen kahl.

T. medium, mittlerer Klee. Ausläufer treibend, Stengel etwas liegend, meist hin- und hergebogen. Blättchen elliptisch. Nebenblätter *lanzettlich,* spitz, gewimpert. *Köpfchen einzeln, kugelförmig, ohne Hülle,* Kelch 10nervig. ♃. Wälder, trockene Wiesen. Blumenkrone purpurrot. Vom Rotklee durch die kahle Kelchröhre, die lanzettlichen Nebenblätter und die lebhafter gefärbten, etwas lockeren, gröfseren Köpfe unterschieden. — Mehr zur Weide als zum Schnitt geeignet. Für schattigen Boden. Same nicht oder selten im Handel. Soll bitter sein und den Acker wegen der Ausläufer verunkrauten.

T. rubens, rötlicher Klee. Stengel kahl, aufrecht. Blättchen länglich-lanzettlich. Nebenblätter eiförmig. Köpfchen walzenförmig, meist zu 2, oft behüllt. Kelchröhre 20nervig. ♃. Bergige Laubwälder. Blume purpurn. Vergl. T. alpestre, S. 325.

b) Kelchschlund inwendig kahl.

T. fragiferum, Erdbeerklee. Stengel kriechend. Blättchen elliptisch oder breit-verkehrt-eiförmig. Nebenblätter lanzettlich-pfriemlich. *Köpfchen mit ihren Stielen länger als das Blatt, kugelig,* am Grunde von einer vielteiligen Hülle umgeben. *Kelch 2lippig, zur Fruchtzeit grofs, aufgeblasen, häutig, netzaderig, behaart,* daher der Fruchtstand einer Erdbeere entfernt ähnlich. ♃. Blumenkrone fleischrot. Nasse, besonders salzhaltige Wiesen, an Flufsufern, zerstreut.

B. Die einzelnen Blüten länger oder kürzer gestielt.

a) Kelchzähne gleich lang.

1. *Hauptachse eine Zentralrosette bildend, aus deren Blattachseln Blütenstengel entspringen.*

T. montanum, Bergklee. Stengel fast aufrecht. Nebenblätter eiförmig, pfriemlich zugespitzt. Blättchen länglich-lanzettlich, klein gesägt, *unterseits behaart. Blumen weifs.* ♃. Trockene Wiesen, Bergwälder. Mai bis Juli. 0,20 bis 0,40 m. Same nicht im Handel.

2. *Hauptachse gestreckt, in ihren Blattachseln gestielte Köpfe tragend.*

α) Stengel kriechend, wurzelnd, innere Blütenstielchen so lang als die Kelchröhre. Nebenblätter trockenhäutig.

Trifolium repens, Weifsklee, kriechender Klee. Hauptwurzel tiefgehend. Faserwurzeln oberflächlich. Stengel *niederliegend,* an den Knoten *wurzelnd,* mit wenigen langgestielten Blättern, aus deren Achseln die noch länger gestielten Blütenköpfe entspringen. *Nebenblätter* breit-lanzettlich oder eiförmig, plötzlich in eine Stachelspitze ausgezogen, *trockenhäutig.* Blättchen alle sitzend, keilig-verkehrt-herzförmig, fein gezähnt, mit jederseits etwa 12 (1—2mal) gegabelten Hauptnerven (mitunter einzelne ungegabelt). Stiel des Blütenköpfchens *unbeblättert, kantig,* voll. Kelch röhrig, 10nervig, rötlich-weifs, mit 5 etwas ungleichen Zähnen, die 2 oberen etwas

länger, der untere der kleinste. Blumen weiſs oder rötlich-weiſs, ihre Blätter nur teilweise verwachsen, Platte der Fahne zur vollen Blütezeit fast flach ausgebreitet, länger als die durch ein nicht sehr deutliches Gelenk verbundenen Flügel und Schiffchen, Schiffchen kürzer als die Flügel. Fruchtknoten lang, mit 3—4 Samenanlagen.

♃. Wiesen, Triften, überall, vom Meere bis in die Alpen. Liebt humusreichen, frischen Mergel-, Lehm-, Kalk- und Sandboden. — Same sehr klein, 1 mm, herzförmig, gelb, glänzend. — Die Stiele der einzelnen Blüten biegen sich sofort nach der Blüte scharf abwärts.

β) Innere Blütenstielchen 2—3 mal so lang als die Kelchröhre. Nebenblätter krautartig.

Trifolium hýbridum, Bastardklee, schwedischer Klee, Alsike-Klee (nach dem Ort Alsike bei Upsala, Schweden). Wurzel eine weiſsliche Pfahlwurzel mit vielen horizontalen Ästen, an denen die eiförmigen Wurzelknöllchen unmittelbar an der Ursprungsstelle der Wurzelfasern sitzen.

Stengel aufsteigend, *kahl*, *hohl*. Nebenblätter krautartig, länglich-lanzettlich, lang zugespitzt, mit 4—5 Längsadern. Blättchen elliptisch oder eiförmig, fein gezähnt, mit jederseits ca. 17 mehrmals gegabelten Blattnerven, jeder Gabelast in einen Zahn auslaufend. Blütenköpfe rötlich-weiſs, im Winkel von Laubblättern, Blüten *kurz gestielt*, Stielchen oberwärts etwas behaart, Kelch kahl, halb so lang als die Blumenkrone, weiſs mit 5 grünen, gleich langen Zähnen, Platte der Fahne zur Blütezeit ausgebreitet, länglich-eiförmig, Schiffchen kürzer als die mit ihm durch ein Gelenk verbundenen Flügel. Fruchtknoten meist 2-, selten 3 samig. Same herzförmig, *gelbgrün* bis *dunkelolivengrün*, klein, so groſs wie Weiſskleesamen.

♃. Feuchte Wiesen, ausgezeichnet für Moorkulturen. Mai bis September. Unterste Blüten rosa, die übrigen weiſs (nicht nur die abgeblühten rosa, sondern auch manche eben erst aufblühende). Durch die beblätterten Blütenstiele sofort von T. repens zu unterscheiden.

Ändert ab: b) *elegans* (Trifolium elegans Savi, als Art). Stengel *fest* und *hart*, *nicht hohl*, im Kreise niedergestreckt, oberwärts etwas behaart, Blättchen eiförmig oder verkehrt-eiförmig, jederseits mit ca. 40 Nerven, Nebenblätter eilanzettlich, lang zugespitzt. Blume hellrosa, später dunkler.

b) Die oberen Kelchzähne kürzer, Hülse gestielt, 1 samig.

T. agrarium, Goldklee. *Blättchen* länglich-lanzettlich oder verkehrt-eiförmig, vorn gezähnelt, *alle sitzend; Nebenblätter länglich-lanzettlich,* am *Grunde nicht breiter;* Köpfchen gestielt, kugelig. Blumen *goldgelb*, beim Welken *hellbraun*. Griffel so lang wie die Hülse. Fahne vorn löffelförmig erweitert, gefurcht. ⊙. Trockene Wiesen und Wälder, stellenweise. Juni, Juli. 0,40 bis 0,50 m. Same nicht im Handel.

T. procumbens, *niederliegender Klee.* Stengel aufsteigend oder niederliegend, *Blättchen* verkehrt-eiförmig, vorn gezähnelt, *das mittlere länger gestielt,* Nebenblätter eiförmig, Griffel mehrmals kürzer als die Hülse. Sonst wie voriger. ⊙. Äcker, Triften, trockene Wiesen, gemein. Köpfchen *kleiner und schwefelgelb* oder *gröſser und goldgelb,* beim Welken bräunlich. 0,15—0,20 m. Same nicht im Handel.

T. minus (Trifolium filiforme), kleiner Klee. Stengel ausgebreitet, Blättchen keilförmig, gezähnt, das mittlere nicht länger gestielt. *Nebenblätter eiförmig;* Köpfchen klein, *locker,* 10—20blütig. Griffel wie voriger. ⊙. Wiesen, Triften, gemein. Mai bis September. Blumen *blaſsgelb,* Stengel 0,10—0,30 m lang.

Darf wie die beiden vorigen nicht mit dem Gelbklee der Samenhändler, Medicago lupulina, verwechselt werden; alle 3 unterscheiden sich von letzterem leicht durch die *stehenbleibenden welkenden* Blumenkronen.

§ 74.

Tribus 5. **Lóteae.** Staubfäden 2brüderig (ausgenommen Anthyllis vor der Blüte), Blätter meist 3zählig, mit *ganzrandigen* Blättchen.

Anthýllis (ἀνθυλλίς, Pflanzenname bei Dioskorides), *Wundklee.* Kelch zur Fruchtzeit geschlossen, groſs, bauchig aufgeblasen, trockenhäutig; Schiffchen stumpf, Staubfäden *oberwärts verbreitert,* der vor der Fahne stehende anfangs mit den anderen verwachsen, nach der Befruchtung ganz oder bis zur Mitte frei.

Einzige deutsche Art: *A. Vulneraria,* gemeiner Wundklee (Fig. 100 u. 109). Stengel mehrere, liegend oder aufsteigend; *unterste* Blätter langgestielt, länglich-eiförmig, *einfach* oder am Blattstiele noch ein Paar Seitenblättchen tragend, Stengelblätter deutlich gefiedert, mit *groſsem Endblättchen;* Blüten in einem endständigen Köpfchen mit fingerig geteiltem Deckblatt. Kelch bauchig, weiſs wollig, Blumenkrone *gelb* oder der obere Teil des Schiffchens blutrot. ♃. Mai bis Juni. 0,30—0,50 m hoch. — Triften, trockene Wiesen, von der Meeresküste bis hoch in den Alpen, gern auf Lehm. Neuerdings als Futterpflanze auf sandigen, etwas kalkhaltigen Äckern viel gebaut.

Lotus (λωτός, bei Homer eine Kleeart), *Hornklee.* Flügel oben zusammenneigend, Schiffchen geschnäbelt, hornförmig, aufsteigend, Griffel allmählich verschmälert, Hülse stielrund, mit 2 sich zusammendrehenden Klappen aufspringend.

L. corniculátus, gemeiner Hornklee. Blätter 5zählig gefiedert, das unterste Paar (gewöhnlich Nebenblätter genannt) am Grunde des Blattstiels. Blättchen länglich-verkehrt-ei- oder keilförmig. Das unterste Paar schief-breit-eiförmig; Nebenblätter klein, borstenförmig. Blüten in kopfförmigen Dolden. Stengel ausgebreitet, *fest und hart,* nicht oder kaum röhrig. *Köpfchen meist 5blütig, Kelchzähne vor dem Aufblühen zusammenneigend; Schiffchen fast rautenförmig, rechtwinklig aufsteigend,* plötzlich in den Schnabel zugespitzt. Flügel etwas schmäler als das Schiffchen, Griffel an der Hülse rechtwinklig gebogen. ♃. Trockene

Wiesen, Grasplätze. Mai bis September. Blumenkrone *gelb*, Fahne purpurn überlaufen, besonders vor dem Aufblühen. — Auf Salz- und Muschelkalkboden schmalblättriger (var. tenuifolius).

* *L. uliginosus*, Sumpf-Hornklee (Fig. 110). Stengel Ausläufer treibend, *höher*, *kräftiger*, aber weicher, meist mit weiter Höhlung. Unterstes Paar der Fiederblättchen rundlich-herzförmig, das folgende Paar etwas schief, das Mittelblättchen verkehrt-ei- bis keilförmig, wimperig behaart. Köpfchen im Winkel eines Blattes scheinbar endständig, reichblütig, bis



Fig. 109. Anthyllis Vulneraria. *a* Kelch, *b* ganze Blüte, *c* Fahne, *dd* Flügel, *e* Schiffchen, *f*, *g* Staubfädenröhre und Griffel, *h* Fruchtkelch, mit der nicht aufspringenden Hülse (Nufshülse). (Nach Garcke.)



Fig. 110. Lotus uliginosus (zu stark behaart). *a*, *b* Kelch, *c* Kronenblätter, *d* Fruchtstand. (Nach Garcke.)

14 Blumen. *Kelchzähne vor dem Aufblühen bogenförmig abstehend oder zurückgekrümmt*, besonders die beiden unteren, bewimpert. Schiffchen nicht im rechten Winkel, sondern allmählich in einen gelben stumpflichen Schnabel umgebogen, daher der Griffel an den halbreifen Früchten auch nur im stumpfen, nicht im rechten Winkel gebogen. Fahne breit-eiförmig, an der Basis mit 13 roten Nerven. Flügel eiförmig, *so breit als das Schiffchen*. Hülsen 3 cm lang.

Feuchte Wiesen; für Moorwiesen sehr geeignet. Juni, Juli. Blume gelb. 30 bis 100 cm. Fälschlich in den Samenverzeichnissen *Lotus villosus* genannt. Same viel *kleiner* als bei vorigem.

§ 75.

Tribus 6. **Galégeae.** Blätter unpaarig gefiedert, ohne Ranken, Staubfäden 2brüderig, aber bei der Gattung Galega alle zu einer Röhre verwachsen, also 1brüderig.

Gattung ***Galéga*** (zuerst bei de la Ruelle, soll aus Glaux korrumpiert sein), *Geisraute.* Kelch zur Fruchtzeit offen. Hinterer Staubfaden halb verwachsen. *G. officinalis,* gebräuchliche Geisraute. Blättchen lanzettlich. Traube länger als das Blatt. Blüte lila (oder weifs). ♃. Selten, doch oft angepflanzt in Gärten. Hohes Kraut, 0,60—1,25 m. In warmen, tiefgründigen, wenn auch trockenen Lagen, so in der Schweiz auf trockenen Abhängen, gute Futterpflanze, ähnlich der Luzerne, aber weniger anspruchsvoll. — Verwandt sind Robinia Pseudacacia, Robinie, fälschlich Akazie. Glycyrrhiza glabra, Süfsholz. Indigofera tinctoria, Indigo etc.



Fig. 111. Astragalus glycyphyllos. Die Hülse oben ist umgekehrt zu denken.

Gattung ***Astrágalus*** (ἀστράγαλος Wirbel, Name einer Leguminose bei Dioskorides), Bärenschote. Schiffchen stumpf. Hülse durch die untere einwärts gebogene Naht der Länge nach *2fächerig* oder fast 2fächerig.

Astragalus glycyphýllos, süfsholzblätterige Bärenschote (Fig. 111). Stengel niederliegend, *fast kahl.* Blätter 5—7paarig, mit grofsen, eiförmigen Blättchen. Blütentrauben eiförmig, länglich, nebst ihren Stielen kürzer als das Blatt, grünlich-gelb oder gelblich-weifs. *Hülsen linealisch, etwas gebogen, unten tief gefurcht, kahl; zuletzt aufrecht zusammenneigend.*

♃. Wälder, Gebüsche, Wiesenränder. Mai bis Juli. 1—1,25 m. Wird mitunter als Futterpflanze empfohlen, läfst sich aber auf Wiesen und Äckern, da sie Beschattung verlangt, schwerlich bauen.

§ 76.

Tribus 7. **Hedysáreae, Gliederhülsige.** *Hülse in Glieder quer abgeteilt* und oft in diese zerfallend. Keimblätter, wie bei allen vorigen Tribus, ziemlich flach, über die Erde hervortretend. Blätter *unpaarig gefiedert.*

1. Untergruppe. ***Coronillinae,*** Blüten doldig.

Gattung ***Coronilla*** (zuerst bei de l'Obel; von corona Kranz, wegen des doldigen Blütenstandes), *Kronenwicke.* Kelch kurz glockig, durch die 2 oberen,

größtenteils verwachsenen Zähne fast 2lippig. Schiffchen geschnäbelt. Hülse walzlich oder 4kantig.

C. varia, bunte Kronenwicke. Stengel krautig, niederliegend; Blätter meist 10paarig; Blättchen länglich oder verkehrt-eiförmig. Nebenblätter lanzettlich, *nicht zusammengewachsen. Dolden* 8—20 *blütig,* Blumen schön, *weiſs, mit rosenroter Fahne.* Schiffchen mit dunkelpurpurnem Schnabel. ♃. Wiesenränder, sonnige Hügel, gern auf *Kalk* und *Lehm.* Juni bis August. 0,30—1,25 m lang.

Die frühere Behauptung, daſs das Kraut giftig sei, hat sich nicht bestätigt. Wird von Schafen gern gefressen. Same nicht im Handel.

Gattung ***Ornithopus*** (ὄρνις Vogel und πούς Fuſs), ***Klauenschote, Vogelfuſs.*** Kelch 5zähnig, die beiden oberen Zähne am Grunde verwachsen, Schiffchen stumpf, Staubfäden nach oben verbreitert, Hülse meist sichelförmig gekrümmt, zusammengedrückt, an den Gelenken zusammengezogen, die 2 bis 5 Hülsen eines Blütenstandes einem Vogelfuſs ähnlich.



Fig. 112. Ornithopus perpusillus. *a* Kelch, *b* Blüte, *c* Kronenblätter, *d* Hülse, in *e* längsdurchschnitten.

O. sativus, gebauter Vogelfuſs, *Serradella.* Weichhaarig. Stengel aufstrebend. Blätter 7—12paarig. Blättchen klein, elliptisch. Dolden 2- bis 5blütig, im Winkel der Fiederblätter, doppelt so lang gestielt als diese. *Kelchzähne pfriemlich, fast so lang als die Röhre.* Blumen klein, rosa. Schiffchen sehr klein, kaum so lang als die Kelchzähne. Stengel 0,30—0,60 m lang. ⊙. Juni, Juli. Aus Portugal. Bei uns seit etwa 50 Jahren sehr viel auf *Sand*boden gebaut, meist in den Roggen eingesät. „Der Klee des Sandes."

O. perpusillus, kleinster Vogelfuſs (Fig. 112). Stengel meist niederliegend, Kelchzähne eiförmig, 3mal kürzer als die Röhre. Blumen *sehr* klein, weiſslich, Schiffchen gelblich. Fahne mit purpurnen Adern. 0,08 bis 0,30 m. Sandfelder. ⊙.

Gattung ***Hippocrepis*** (ἵππος Pferd und κρηπίς Schuh, also Hufeisen), ***Hufeisenklee.*** Kelch glockig, fast 2lippig. Schiffchen geschnäbelt, Hülse zusammengedrückt, an der oberen Naht buchtig ausgeschnitten. *Glieder hufeisenförmig.*

H. comosa, schopfiger Hufeisenklee (Fig. 113). Stengel ausgebreitet. Blätter 5—7paarig gefiedert; Blättchen länglich oder verkehrt-

eiförmig; Dolde 4—8 blütig; Hülsen bogenförmig, Glieder flach hufeisenförmig gekrümmt. ♃. Sonnige *Kalk*berge, zerstreut in Mittel- und Süddeutschland. Mai bis Juli. Blumenkrone gelb. 0,08 bis 0,25 m. Für kalkhaltige Weiden, Same jedoch nicht im Handel.

2. Untergruppe. ***Euhedysarinae.*** Blüten traubig.

Gattung ***Onóbrychis*** (ὄνος Esel und βρύχω zerbeifsen), ***Esparsette.*** **Flügel sehr kurz, Schiffchen schief abgestutzt, Hülse nur 1 gliedrig, knochenhart, verkehrt-eiförmig, grubig-netzig, nicht aufspringend.**



Fig. 113.
Hippocrepis comosa,
schopfiger Hufeisenklee.

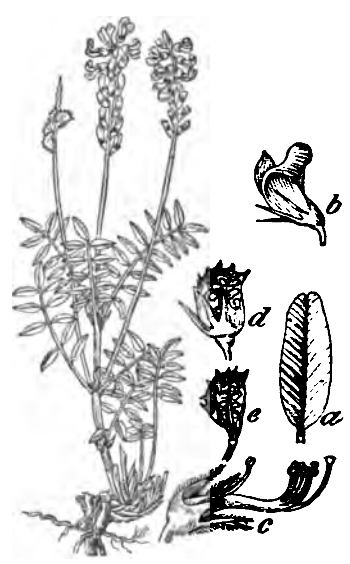


Fig. 114. Onobrychis viciaefolia.
a Laubblättchen, *b* Blüte, *c* Kelch. Staubgefäfse und Griffel, *d*, *e* Hülsen.

O. viciaefolia (O. sativa), Esparsette (Fig. 114). **Stengel aufsteigend oder aufrecht, Blätter 6—12 paarig, Blättchen linealisch-länglich, Blütentrauben doppelt so lang als das Blatt; Kelchzähne doppelt so lang als die Röhre, Flügel kürzer als die Kelchzähne. Hülsen kreisrundlich, erhaben-netzig, am Rande kammförmig gezähnt.** *Zähne halb so lang als die Breite des Kammes.* ♃. Auf *Kalkboden,* stellenweise wild, und sehr viel im grofsen gebaut. Wichtigste Futterpflanze auf Kalkboden, „der Klee des Kalkes“.

Zu den Gliederhülsigen gehört auch Arachis hypogaea, die Erdnufs, ursprünglich in Südamerika einheimisch, jetzt in allen Tropen als Nahrungsmittel und zur Gewinnung eines feinen Öls viel gebaut. Die Rückstände bilden die Erdnufskuchen.

§ 77.

Tribus 8. **Vicieae.** Wickengewächse. Hülse 1fächerig, Blätter *paarig* gefiedert, mit Endspitze oder 2 oft gegabelten *Wickelranken*, den Mittelnerven der 2 obersten verkümmerten Blättchen. *Keimblätter* dick, mehlig, *in der Samenschale und unter der Erde bleibend.*

1. Untergruppe. ***Ervoidinae.*** Staubfädenröhre *schief* abgeschnitten, d. h. die unteren, dem Schiffchen zugekehrten Fäden länger, und weiter hinauf verwachsen als die oberen, der Fahne zugekehrten.

Vicia (Name einer Hülsenfrucht bei Varro), *Wicke.* Kelch 5zähnig oder 5spaltig, obere Zähne kürzer; *Griffel* gerade aufstrebend, meist unterhalb der Spitze auf der *äufsern Seite bärtig,* Hülse zusammengedrückt, 2- bis vielsamig.

A. Trauben reichblütig, langgestielt. Nebenblätter ***ohne*** *Nektarien (ohne dunklen Fleck auf der Unterseite). Griffel ringsum behaart.*

Vicia Cracca, Vogelwicke. Überall *angedrückt behaart.* Stengel kantig. Nebenblätter halbspiefsförmig, ganzrandig, linealisch. Blättchen 10—12paarig, die untersten Paare oft wechselständig, die oberen gegenständig. Blättchen länglich-linealisch, kurz stachelspitz, ihre Seitennerven in sehr spitzem Winkel abgehend. Trauben langgestielt, reichblütig (bis 20 und mehr). Blüten kurz gestielt. Kelch blau, kurzröhrig, schief abgeschnitten, die 5 Zähne ungleich, der unterste am längsten. *Platte der Fahne so lang wie ihr Nagel. Blumen blau oder rötlich-violett.* Schiffchen weifslich, reife Hülsen braun, lineal-länglich, ihr Stiel kürzer als die Kelchröhre. Nabel $^1/_8$ des Samens umgebend. ♃. Überall an Ackerrändern, Zäunen, auch am Rande von Wiesen. Juni bis August. 30—125 cm. Die zu *mäfsigen* Preisen als Vicia Cracca angebotenen Samen sind, wie Weber mit Recht bemerkt, fast immer die von *Vicia* (Ervum) *hirsuta,* die beim Reinigen des Getreides gewonnen werden. Echte Samen sind kaum zu haben und sehr teuer. Nach Stebler kommt die Pflanze aufserdem im Wiesenbestande nicht fort, und wird nach Weber vom Weidevieh nicht gern gefressen, daher nicht zu empfehlen.

V. tenuifolia, feinblätterige Wicke. Stengel meist kahl; *Platte der Fahne meist doppelt so lang als ihr Nagel,* Nabel $^1/_4$ des Samens umgebend. Sonst wie vorige. ♃. Gebüsche, Bergwiesen. Juni—August. Blüten violett. 0,60—1,25 m.

V. villosa, zottige Wicke (Fig 115). Meist *zottig behaart;* Blätter meist 8paarig, Nebenblätter länglich-lanzettlich; die 3 unteren Kelchzähne pfriemlich-fadenförmig, so lang wie die Röhre, die oberen viel kürzer, lanzettlich-pfriemlich. *Platte der Fahne nur halb so lang als ihr Nagel.* Hülse länglich, ihr Stiel *länger* als die Kelchröhre. Nabel $^1/_8$ des Samens umgebend. ⊙ oder ⊙. Unter der Saat auf sandigem Lehmboden und besonders im Winter-Roggen, namentlich im nördlichen

und östlichen Gebiet. Mai bis Juli. — Jetzt viel mit Roggen zusammen angebaut. — Unterscheidet sich von Vicia Cracca durch die kürzere Fahnenplatte und die gröfseren Blumen, vor dem Aufblühen durch die von den Kelchzähnen federig-beschopft erscheinenden Blütentrauben.

V. varia, bunte Wicke. ⊙. Schlanker. Stengel dünner, sparsamer behaart, mit wenigen Zotten. Trauben kürzer gestielt. Blüten kleiner, die unteren 3 Kelchzähne aus *verbreitertem Grunde lanzettlich*. Fahne meist weifs. Wenig ertragreich. Same mitunter als V. villosa im Handel.

B. Blüten einzeln oder 2—6, kurzgestielt, traubig. Nebenblätter mit Nektarien. Griffel auf der äufseren Seite meist bärtig. (S. 317, Fig. 102.)

a) Blätter 4—8 paarig.

V. sepium, Zaun-Wicke. Blättchen *breit-eiförmig* oder *eiförmig-länglich; Kelchzähne ungleich*, die 2 oberen zusammenneigend, 2—3 mal kürzer als ihre Röhre; Traube meist 5blütig. Hülse länglich, bei der Reife kahl, schwarz. ♃. Zäune, Wiesen. April bis September. Blumenkrone schmutzig-violett.



Fig. 115. Vicia villosa.
a Laubblättchen, *b* Blüte, *c* Fahne, *d* Flügel, *e* Schiffchen, *f* Staubgefäfse und Griffel, *g* Hülse.

V. sativa, gebaute Wicke. Einjährig. Überall behaart. Stengel schwach 4kantig. Nebenblätter halb pfeilförmig, der rückwärts gerichtete Teil des Pfeiles an den unteren oft gezähnt. Auf der Unterseite der Nebenblätter in einer Vertiefung ein schwarzbrauner Fleck (Nektarium). Blätter 4—6 paarig, mit 2 Wickelranken. Blättchen der unteren Blätter verkehrt-eiförmig, die der untersten tief ausgerandet, die der oberen länglich oder lineal-verkehrt-eiförmig, ausgerandet oder gestutzt, alle stachelspitz.

Blüten blattwinkelständig, kurzgestielt, zu 1—2. Kelch grün, behaart, mit 5 Zähnen, die 2 obersten die längsten, genähert, fast so lang wie die Röhre. Fahne blau oder rosa oder violett; Flügel purpurn, Schiffchen weifslich. Griffel ringsum behaart, aber an der äufsern Seite unterhalb der Spitze viel stärker, dort bärtig. Hülsen *aufrecht, länglich*, zusammengedrückt, etwas holperig, bei der Reife den Kelch zerreifsend, meist *kurz behaart, braun.* Stammt von der überall wildwachsenden *Vicia*

angustifolia, schmalblättrige Wicke, ab, die sich durch schmälere Blättchen, purpurne Fahne und *abstehende linealische*, bei der Reife meist *kahle, schwarze* Hülsen unterscheidet. V. angustifolia entwickelt öfter unterirdische, sich nicht öffnende, sog. kleistogamische Blüten, die Früchte liefern. (V. angustifolia var. amphicarpos). Juni, Juli, im Gebirge im August. *Einjährig.* Überall auf besserem Boden gebaut, oft im Gemenge mit Hafer etc. Die Samen von V. angustifolia sind in neuerer Zeit statt derjenigen von V. sativa in den Handel gekommen. Man suche recht grofskörnige Saat, möglichst linsenförmige Samen, die in der Mehrzahl 4 mm Durchmesser haben, zu erhalten. (Wittmack in Mitt. d. D. L.-G., 1902, S. 26.)

b) Blätter 2—3paarig, ohne Wickelranken.

V. Faba, Buff-, Puff-, Sau-, Tauben-, grofse oder Pferdebohne. Stengel aufrecht, 4kantig, stark; *Blätter mit krautiger Stachelspitze,* Blättchen grofs, elliptisch oder länglich, Nebenblätter halb pfeilförmig, begrannt-gezähnt; Blüten in sehr kurzen, *2—4blütigen Trauben;* die 2 oberen Kelchzähne viel kürzer. Hülsen grofs, länglich, lederartig, gedunsen, mit schwammigen Querscheidewänden, auf *den Kanten eben,* auf den Flächen von sehr kurzen Härchen sammetartig. ⊙. Stammt aus dem Orient. Gebaut. Juni, Juli. *Blumenkrone sehr grofs, meist weifs, mit schwarzem Fleck auf den Flügeln.* Same mit *end*ständigem Nabel.

Ervum (Name einer Hülsenfrucht bei Columella), ***Erve.*** Griffel an der Spitze ***ringsum*** gleichmäfsig fein behaart, nicht bärtig.

E. monánthos, einblütige Erve, Wicklinse. Blätter meist 7paarig; Nebenblätter ungleichförmig, das eine linealisch, sitzend, ungeteilt, das andere halbmondförmig, gestielt und borstenförmig gezähnt. Blättchen 5—7paarig, linealisch, meist gestutzt. Blütenstiele 1-, selten mehrblütig, etwa so lang als das Tragblatt; Hülsen länglich-eiförmig, hellbraun, meist 3samig, kahl. ⊙. ***Bisweilen gebaut.*** Blumenkrone ***grofs, Fahne lila.*** 0,30—0,60 m.

Hierher auch ***E. hirsutum,*** rauhfrüchtige Erve. Blätter 8—10paarig; Trauben 3—8blütig, Blüten ***bläulich-weifs.*** Hülsen länglich-eiförmig, kurzhaarig, meist 2samig, reif schwärzlich. ⊙. Äcker, Grasplätze. Mai bis August. — ***E. tetraspermum.*** Blätter 3—8paarig, linealisch; Trauben 1—3blütig, Blüten bläulich-weifs, etwas gröfser als bei voriger. Hülsen länglich-linealisch, meist 4samig, kahl, reif hellbraun. ⊙. Wiesen, Gebüsche. Mai bis Juli.

Lens (Name bei Plinius), ***Linse.*** Griffel flach, unterhalb der Spitze auf der ***innern*** Seite behaart.

L. esculenta, efsbare Linse. Obere Blätter meist 6paarig, Nebenblätter lanzettlich, ganzrandig; Blüten ***bläulich-weifslich,*** einzeln oder zu 2—3 traubig, an langen Stielen; ***Hülsen elliptisch-rautenförmig,*** kahl, 2samig. ⊙. Gebaut. Aus Westasien.

§ 78.

2. Untergruppe. ***Lathyroidinae.*** *Staubfädenröhre gerade abgeschnitten,* der freie Teil sämtlicher verwachsenen Staubfäden gleich lang.

Pisum (Name einer Hülsenfrucht bei Columella), *Erbse.* Griffel 3kantig, von *der Seite her zusammengedrückt*, an der *Spitze* auf der *Innen*seite bärtig. Hülse länglich, vielsamig.

P. sativum, gebaute Erbse, gelbe oder grüne *Erbse.* Blätter 2—3paarig, Blättchen eiförmig, in der Knospenlage gefaltet. *Nebenblätter sehr grofs, ei- bis halbherzförmig*, an den Öhrchen gezähnt, einen Becher bildend. Blütentrauben 2 oder mehrblütig. Die weifssamigen haben ganz weifse Blumen, die grünsamigen die Fahne weifs, die Flügel rosa, sowie die Nebenblätter am Grunde purpurn. ⨀. Aus Südeuropa. Auf Äckern und in Gärten gebaut. Mai bis Juli. 0,3—1 m.

Ändert ab: b) arvense, graue Erbse. Blüten einzeln oder zu 2, Same meist kantig-eingedrückt, graugrün mit braunen Punkten. Fahne blafsviolett oder bläulich, Flügel purpurrot, Nebenblätter am Grunde purpurn. Schiffchen weifs. Hierher auch die sog. „Peluschke“.

Láthyrus (λάθυρος, Name einer Hülsenfrucht bei Theophrastos), *Platterbse.* Griffel an der Spitze *flach*, auf der *ganzen* inneren Seite behaart (einer schmalen Haarbürste ähnlich). Hülsen mehr oder weniger zusammengedrückt, 2- bis vielsamig. Blätter meist mit Wickelranken, die Untergattung Orobus ohne Wickelranken, Blättchen in der Knospenlage gerollt.

a) *Stengel ungeflügelt, kantig.*

L. tuberosus, knollige Platterbse, Erdmandel. *Kahl, Wurzelstock sehr tief gehend,* dünn, an den Gelenken mit *knollenförmig verdickten, stärkereichen, efsbaren Wurzeln;* Blättchen 1paarig, länglich. Nebenblätter *halbpfeilförmig, linealisch; Trauben reichblütig*, *purpurrot* oder rosenrot, wohlriechend. ♃. Auf schwerem *Lehmboden.* Juli, August. 0,30—1 m lang. Bonitierungspflanze!

L. pratensis, Wiesen-Platterbse. Weichhaarig; Blättchen 1*paarig,* länglich-lanzettlich. *Nebenblätter halbpfeilförmig, breit-lanzettlich;* Blütentrauben reichblütig, *gelb;* Hülsen linealisch-länglich. ♃. Auf fruchtbaren Wiesen, an Gräben etc. 0,30—1,00 m. Futterwert zweifelhaft. Nach Weber wurde sie auf den Fettweiden der Marschen vom Vieh gänzlich verschmäht.

b) *Stengel geflügelt.*

L. silvester (nicht *silvestris*), Wald-Platterbse. *Flügel des Stengels doppelt so breit als die der Blattstiele.* Blätter 1paarig, Blättchen lanzettlich, stumpf oder zugespitzt; Nebenblätter halbpfeilförmig, linealisch-pfriemlich; Blütentrauben reichblütig. *Fahne rosa, aufsen rötlich-grün, innen am Grunde purpurrot,* Flügel purpurn, Schiffchen grünlich. Hülse zusammengedrückt. Samen schwarzbraun, etwas höckerig-rauh. Nabel

die Hälfte der ziemlich kugeligen, etwas höckerig-rauhen Samen umgebend. ♃. Wälder, buschige Bergabhänge, auf trockenerem Boden. Juli, August. 1—2 m. Ändert ab: b) ensifolius. Blättchen schmäler, lineal-lanzettlich.

Lathyrus silvester ist seit einer Reihe von Jahren von dem Landwirte Wagner, zuletzt in Kirchheim a. Teck, in Kultur genommen und es hat derselbe früher viele steinige Abhänge in Westfalen, auf denen sonst nichts wuchs, mit Erfolg damit bepflanzt, wie er denn überhaupt bei seinem Futterbau das richtige Prinzip aufstellte, daſs man besonders die Futterpflanzen anbauen müsse, die in der betreffenden Gegend wild vorkommen, und daſs man deren Samen gewinnen solle. Durch langjährige Kultur, öfteres Verpflanzen der Sämlinge und ein damit verbundenes Behandeln der Wurzeln ist es ihm gelungen, eine Varietät zu erzielen, deren Samenschale dünner ist, sodaſs der Übelstand, den fast alle wilden Hülsenfruchtsamen zeigen, daſs sie spät, oft erst im 2. Jahr keimen, aufgehoben ist. (Lathyrus silvester *Wagneri*.) Der Nährstoffgehalt ist sehr hoch, das Futter ist frisch etwas bitter (nach Wagner bei seiner Varietät jetzt nicht mehr), als Braunheu wird es gern genommen.

Für *trockene* Gegenden mit *tiefem* Grundwasserstande dürfte L. silvester vielleicht eine Zukunft haben, in feuchten Jahren fault er unten leicht. Die Versuche dürfen noch nicht als abgeschlossen angesehen werden, sind aber im ganzen nicht so günstig ausgefallen, wie man erst hoffte.

L. platyphyllos, flachblätterige Platterbse. Flügel der Blattstiele fast ebenso breit als die des Stengels; Blättchen 1paarig, länglich oder länglich-lanzettlich, stumpf, stachelspitz, sonst wie vorige. ♃. Gebüsche. Blumenkrone etwas gröſser, Fahne innen rosenrot, Flügel vorn violett. Schiffchen schmutziggelb, Same aschgrau, sehr fein gekörnt. 1—1,3 m. Wird neuerdings von Ascherson und Graebner nur als Varietät von L. silvester angesehen.

L. heterophyllos, verschiedenblätterige Platterbse. Untere Blätter 1paarig, obere 2—3paarig. Nabel kaum $^1/_3$ des Samens umgebend, sonst wie silvester. Selten. Blumenkrone purpurn. Blätter meergrün. 1—3 m.

L. latifolius, breitblätterige Platterbse. Blätter sämtlich 1paarig, sehr selten die oberen 2paarig, Blättchen eiförmig, Blütentraube reichblütig, schön rosenrot. Nabel kaum $^1/_3$ des Samens umgebend. In Gärten, dort auch mit weiſsen Blüten. 1—3 m.

Lathyrus platyphyllos, heterophyllos und namentlich L. latifolius dürften sich zum Anbau vielleicht ebenso eignen wie L. silvester; namentlich L. latifolius gibt, im kleinen wenigstens, ganz auſserordentlich hohe Erträge.

L. paluster, Sumpf-Platterbse. *Blattstiele flügellos. Blätter 2 bis 3paarig*, Blättchen länglich-lanzettlich; *Nebenblätter mehrmals kleiner als die Blättchen*, halbspieſsförmig, linealisch-lanzettlich; *Blütentraube bis 6blütig*, schmutzig-blau. ♃. Sumpfige Wiesen, stellenweise. Juli, August. 0,30—1 m. Wird zu Versuchen auf Moorwiesen empfohlen, aber nach Weber vom Vieh nicht gern genommen. Same nicht im Handel.

Anhang.

Bonitierungspflanzen und Samenmischungen.

§ 79.

Bonitierungspflanzen.[1]) Die chemische Zusammensetzung des Bodens ist für viele Pflanzen von geringerer Wichtigkeit als die physikalische Beschaffenheit. Da z. B. ein Kalkboden meist trocken ist, siedeln sich viele Pflanzen, die Trockenheit lieben, dort an, kommen aber oft auch auf anderem trockenen Boden vor; man mufs daher bei Beurteilung des Bodens nach den Pflanzen vorsichtig sein. Kann eine Pflanze auf dem verschiedensten Boden wachsen, so heifst sie *bodenvag,* zieht sie eine bestimmte Bodenart vor, ohne jedoch ausschliefslich darauf vorzukommen, so heifst sie *bodenhold,* z. B. *kalkhold,* lebt sie nur auf einer bestimmten Bodenart, so heifst sie *bodenstet,* z. B. kalk*stet.* Strenge Grenzen lassen sich aber nicht ziehen.

1. *Kalkpflanzen.* Gramineae: Bromus erectus, Poa compressa, Sesleria coerulea. Liliaceae: Allium fallax, Tofieldia calyculata. Orchidaceae: Anacamptis pyramidalis, Cephalanthera grandiflora, Cypripedium Calceolus, Epipactis microphylla, Ophrys fuciflora, O. muscifera, Orchis militaris, O. purpurea. Fagaceae: Fagus silvatica. Amarantaceae: Polycnemum majus. Caryophyllaceae: Gypsophila repens, Tunica prolifera. Ranunculaceae: Adonis aestivalis, A. flammeus, A. vernalis, Anemone silvestris, Helleborus foetidus, H. niger, Hepatica triloba, Nigella arvensis. Cruciferae: Alyssum saxatile, Arabis petraea, Conringia orientalis, Erysimum odoratum, E. orientale, Iberis amara, Lepidium campestre. Saxifragaceae: Saxifraga Aizoon, S. caesia. Rosaceae: Rubus saxatilis, Sanguisorba minor. Leguminosae: Coronilla montana, Hippocrepis comosa, Medicago minima, Onobrychis viciaefolia (O. sativa). Rutaceae: Dictamnus albus. Polygalaceae: Polygala calcarea, P. Chamaebuxus, P. comosa. Violaceae: Viola mirabilis. Umbelliferae: Astrantia major, Caucalis daucoides, Laserpitium latifolium, Scandix Pecten Veneris, Seseli Hippomarathrum. Gentianaceae: Gentiana ciliata, G. cruciata, G. germanica, G. verna. Asclepiadaceae: Vincetoxicum officinale. Borraginaceae:

---

[1]) Wegen der Beschreibungen der einzelnen Arten, soweit sie nicht in Kap. I und VI behandelt sind, ist eine „Flora" nachzuschlagen, z. B.: Garcke's Illustr. Flora von Deutschland, 18. Auflage, aus der viele unserer Abbildungen entstammen; Potonié, Illustr. Flora von Norddeutschland; Wünsche, D. Pflanzen Deutschlands; Ascherson, Graebner und Beyer, Nordostdeutsche Schulflora etc.



Lithospermum officinale, Nonnea pulla. Labiatae: Ajuga Chamaepitys, Brunella alba, B. grandiflora, Galeopsis angustifolia, Teucrium Botrys, T. Chamaedrys, T. montanum. Scrophulariaceae: Linaria Elatine, L. minor, L. spuria. Globulariaceae: Globularia nudicaulis. Rubiaceae: Asperula glauca, Galium parisiense, G. tricorne, Sherardia arvensis. Valerianaceae: Valerianella rimosa. Campanulaceae: Campanula bononiensis, Phyteuma orbiculare. Compositae: Anthemis tinctoria, Aster Amellus, Carlina acaulis, Centaurea rhenana (C. paniculata), Filago germanica, Hieracium praealtum, Inula Conyza, Lactuca perennis, L. Scariola, Senecio campester.

2. *Lehm- und Tonpflanzen.* Equisetaceae: Equisetum arvense. Gramineae: Sclerochloa (Poa) dura, Poa compressa. Juncaceae: Juncus bufonius, J. glaucus. Liliaceae: Allium sphaerocephalum. Orchidaceae: Cephalanthera grandiflora. Caryophyllaceae: Silene noctiflora (Melandryum noctiflorum), Vaccaria parviflora, (Vaccaria Vaccaria). Ranunculaceae: Adonis aestivalis, A. flammeus, Nigella arvensis, Ranunculus arvensis. Cruciferae: Conringia orientalis, Coronopus Ruellii, Lepidium campestre, Thlaspi arvense. Rosaceae: Alchemilla arvensis. Leguminosae: Anthyllis vulneraria, Lathyrus tuberosus, Melilotus albus, M. officinalis, Trifolium striatum. Geraniaceae: Geranium dissectum. Euphorbiaceae: Euphorbia exigua. Umbelliferae: Falcaria Rivini, F. vulgaris, Scandix Pecten Veneris. Gentianaceae: Erythraea litoralis, E. pulchella. Asclepiadaceae: Vincetoxicum officinale. Convolvulaceae: Convolvulus arvensis. Borraginaceae: Lithospermum officinale, Nonnea pulla. Labiatae: Brunella grandiflora. Scrophulariaceae: Antirrhinum Orontium, Euphrasia Odontites, Linaria Elatine, L. minor, L. spuria, Melampyrum arvense, Specularia Speculum, Veronica agrestis, V. opaca, V. polita, V. praecox, V. Tournefortii. Orobanchaceae: Orobanche pallidiflora syn. reticulata (schmarotzt auf Distelarten). Rubiaceae: Galium parisiense, G. tricorne, Sherardia arvensis. Campanulaceae: Campanula bononiensis. Compositae: Caucalis daucoides, Crepis biennis, Hypochoeris maculata, Lactuca Scariola, Lappa tomentosa, Matricaria Chamomilla (Chrysanthemum Chamomilla), Tussilago Farfara.

3. *Sandigen Lehm liebende Pflanzen.* Gramineae: Bromus arvensis, Panicum glaucum. Juncaceae: Juncus capitatus, J. Tenageia. Amarantaceae: Polycnemum arvense. Caryophyllaceae: Alsine viscosa, Gypsophila muralis. Ranunculaceae: Anemone nemorosa, A. ranunculoides, Myosurus minimus. Papaveraceae: Papaver Argemone, P. Rhoeas. Cruciferae: Thlaspi perfoliatum. Saxifragaceae: Saxifraga tridactylites. Crassulaceae: Tillaea muscosa. Primulaceae: Centunculus minimus. Labiatae: Galeopsis Ladanum, Stachys arvensis. Scrophulariaceae: Linaria arvensis, Veronica triphyllos. Compositae: Arnoseris minima, Carduus acanthoides, Filago arvensis, F. germanica, Gnaphalium luteo-album, G. uliginosum, Hypochoeris glabra.

4. *Salzpflanzen.* Gramineae: Alopecurus arundinaceus, Festuca distans, Hordeum secalinum. Cyperaceae: Carex distans, C. extensa, C. secalina, Scirpus parvulus, S. rufus. Juncaginaceae: Triglochin maritima. Juncaceae: Juncus bufonius, J. Gerardi, J. ranarius. Chenopodiaceae: Obione pedunculata, Salicornia herbacea, Suaeda maritima. Caryophyllaceae: Sagina maritima, Spergularia media, S. salina. Cruciferae: Capsella procumbens, Lepidium latifolium. Legumi-

nosae: Melilotus altissimus, M. dentatus, Tetragonolobus siliquosus, Trifolium fragiferum. Malvaceae: Althaea officinalis. Umbelliferae: Apium graveolens, Bupleurum tenuissimum. Primulaceae: Glaux maritima. Plantaginaceae: Plantago Coronopus, P. maritima. Compositae: Artemisia maritima, Aster Tripolium, Lactuca saligna, Pulicaria dysenterica, Thrincia hirta (Leontodon taraxacoides).

§ 80.

Gebrauchswert der Samen und Samenmischungen. Die Gras- und Kleesamen des Handels sind selten ganz rein, sondern enthalten fast immer Verunreinigungen, die teils unschuldiger Natur, teils Samen schädlicher Pflanzen sein können, wie z. B. Kleeseide im Klee. Die reinen Samen sind aber nicht alle keimfähig; Timothee, englisches und italienisches Raigras, Rotklee u. s. w. keimen zwar mit 85—95 %, die meisten Gräser aber nur mit 70—80, ja Honiggras, Ruchgras, Drahtschmele u. s. w. nur mit 40—50, selten bis 60 %. Man mufs deshalb den *Gebrauchswert* kennen, und dieser ergibt sich nach der Formel:

$$G = \frac{R \,.\, K}{100},$$

wobei G Gebrauchswert, R Reinheit, K Keimfähigkeit in Prozenten bedeutet; z. B. wenn $R = 90\,\%$, $K = 80\,\%$, so ist $G = 72\,\%$. Eine solche Ware heifst einfach 72prozentig. Wenn man den Gebrauchswert mit dem Gewicht multipliziert, so erhält man *Kiloprozente*. Ein „Kiloprozent“ ist 1 kg einer 1prozentigen Ware, 100 Kiloprozent sind 1 kg einer 100prozentigen Ware. Es gelangen in dem von Stebler eingeführten Begriff „Kiloprozent“ Qualität (Reinheit und Keimfähigkeit) *und* Quantität in einer *einzigen* Zahl zum Ausdruck. Z. B. 100 kg Rotklee mit 98 % Reinheit und 85 % Keimfähigkeit sind 8330 Kiloprozent; 100 kg eines anderen Rotklees mit nur 85 % Reinheit, aber 98 % Keimfähigkeit sind auch 8330 Kiloprozent. Man darf hieraus aber nicht schliefsen, dafs beide Kleearten gleichwertig sind, denn bei nur 85 % Reinheit bekommt man viel mehr Unkrautsamen mit auf das Feld. Freilich könnte man in unserm Falle einwenden, dafs bei 98 % Keimfähigkeit die Unkräuter wohl unterdrückt werden.

Im allgemeinen werden die Saatmischungen nach *Gewicht* zusammengestellt und dabei ein *durchschnittlicher* Gebrauchswert zu Grunde gelegt. Da die meisten Samenhändler in ihren jährlichen Preisverzeichnissen den Gebrauchswert angeben, so ist, falls dieser in einem Jahre sehr von dem mittleren abweichen sollte, entsprechend mehr oder weniger Saat zu nehmen.

(Siehe die Tabelle über Reinheit und Keimfähigkeit auf S. 341.)

Die Samenmischungen sind je nach der *Art* der Anlage, sowie nach den Bodenverhältnissen, auch dem Klima, sehr verschieden. Die Anlagen

Durchschnittliche Reinheit und Keimfähigkeit einer guten Handelsware nach Stebler.[1])

No.	*Samenart*	Reinheit %	Keimfähigkeit %	Also reine und keimfähige Samen, „Gebrauchswert" % (abgerundet)
1	Rotklee, Mattenklee	98	90	88
2	Weifsklee	96	80	77
3	Bastardklee	97	75	73
4	Luzerne	98	90	88
5	Hopfenklee	97	85	83
6	Esparsette	98	80	77
7	Wundklee	90	85	77
8	Gemeiner Schotenklee	90	60	54
9	Sumpfschotenklee	90	67	60
10	Englisches Raigras	96	80	76
11	Italienisches Raigras	95	80	76
12	Französisches Raigras (Fromental)	70	70	49
13	Goldhafer	60	50	30
14	Wiesenschwingel	90	85	77
15	Rohrschwingel	90	85	77
16	Roter Schwingel	80	60	48
17	Schafschwingel	85	70	60
18	Verschiedenblättriger Schwingel .	80	50	40
19	Knaulgras	76	75	57
20	Timothee	98	90	88
21	Wolliges Honiggras.	70	50	35
22	Wiesenfuchsschwanz	90	50	45
23	Kammgras	93	75	70
24	Wiesenrispengras	85	50	43
25	Gemeines Rispengras	85	70	60
26	Hainrispengras	80	70	56
27	Fioringras	85	85	72
28	Ruchgras	90	40	36
29	Rohrglanzgras	90	70	63
30	Aufrechte Trespe.	80	60	48
31	Wehrlose Trespe	80	85	68
32	Gemeine Schafgarbe.	90	65	59
33	Wiesenflockenblume	90	30	27
34	Becherblume, Poterium sanguisorba	70	75	53
35	Kümmel	98	70	69

[1]) Dr. F. G. Stebler, Vorstand der schweizerischen Samen-Kontrollstation. Die Grassamen-Mischungen, 3. Auflage, Bern 1895. S. 91.

können dreierlei Art sein: 1. *Kleegrasschläge*. Diese werden meist 2 Jahre gemäht, im Herbst des 2. Jahres und oft noch im 3. Jahre beweidet und dann wieder als Ackerland benutzt. — 2. *Wechselwiesen* und *Wechselweiden*. Diese kommen besonders bei der Feldgras-, Koppel-, Dreesch-, Schlag- oder Egartenwirtschaft vor und werden 3—12, meist 4—6 Jahre genutzt. — 3. *Dauerwiesen* und *Dauerweiden* mit langjähriger Nutzung (Rieselwiesen, Flufswiesen etc.).

Die Kleegrasschläge erfordern Pflanzen, die schon im 1. und 2. Jahre reiche Erträge bringen, die beiden andern daneben auch solche, welche erst später sich reich entwickeln. Damit sowohl erster wie zweiter Schnitt möglichst hohe Erträge geben, mufs man ferner frühe, mittelfrühe und späte Arten, auch Ober- und Untergräser (ja man könnte allgemeiner sagen: Ober- und Unterpflanzen) wählen. — Von Obergräsern nimmt man meist $^2/_3$, falls Klee dabei ist, bis 70 %, von Untergräsern $^1/_3$ (30 %).

Zahl der Arten in der Mischung. Für die meisten Verhältnisse sind 10 Arten genügend; denn da die Samen fast nie ganz rein, erhält man einige andere Arten meist dazu, auch werden durch natürlichen Anflug, wie durch das Riesel- oder Überschwemmungswasser viele Samen anderer Arten hinzugebracht. Je mehr Arten man übrigens in der Mischung hat, desto sicherer ist der Erfolg unter den verschiedensten Bedingungen.

Berechnung der Aussaatmenge. Alle Versuche, die Menge der nötigen Körner für eine Flächeneinheit theoretisch zu begründen, sind bis jetzt gescheitert.[1]) Man hat zwar festgestellt, wie viel Pflanzen auf 1 qm stehen, was natürlich nach den Arten verschieden ist; man weifs auch, wie viel Körner von jeder Art in 1 kg enthalten sind, allein wenn man aus beiden Daten die Menge der Aussaat berechnen wollte, würde man viel zu niedrige Zahlen erhalten. Man ist daher bis jetzt auf die langjährige Erfahrung der Praxis angewiesen.

Aus dieser Erfahrung weifs man, wie viel von einer Art auf einer gegebenen Fläche, z. B. 1 ha, ausgesät werden mufs, wenn diese ganz *allein* (Reinsaat, Einzelsaat) angebaut werden soll. Darüber gibt es viele Tabellen. *Von der Rein- oder Einzelsaat mufs man ausgehen.* Darauf mufs man bestimmen, *wie viel Flächenprozent von jeder Art* auf der Wiese vorhanden sein sollen, und den entsprechenden Teil der Reinsaatmenge nehmen. — Allein in Mischungen kann und mufs erfahrungsgemäfs *dichter* gesät werden als bei Einzelsaat, weil die verschiedenen Arten den Raum besser ausnutzen, andererseits sich auch gegenseitig verdrängen. Man

[1]) Auch die Angaben von Schenk in Dünkelbergs Wiesenbau treffen nur für einen speziellen Fall zu. Übrigens ist die dort für Rieselwiesen angegebene Mischung, wie mir Herr Dr. Schenk geschrieben, in der grofsen Praxis noch nicht erprobt.

mufs deshalb einen „*Zuschlag*“ geben, und zwar einen um so höheren, je mehr Arten man in die Mischung nimmt. Bei einer Mischung von nur 2 Arten, z. B. Rotklee und Timothee als Kleegrasgemenge, ist kein Zuschlag nötig; bei 3—6 Arten mufs aber etwa 25 % und bei noch mehr Arten 50 % dichter gesät werden. Bei Mischungen von vorwiegend langsam sich entwickelnden, dauerhaften Arten, also für Dauerwiesen, empfiehlt Stebler 75 % Zuschlag; man kann diesen selbst bis 100 % steigern, denn es kommt vor allem darauf an, dafs schon im ersten Jahre die Wiese gut bestanden sei, damit kein Unkraut aufkomme. Je feiner der Same ist, desto mehr mufs man die theoretische Menge erhöhen; ebenso mufs auf zu leichtem wie auf zu schwerem Boden mehr Saat genommen werden. Wir geben die folgende Tabelle nach Stebler.

(Siehe die Tabelle auf S. 344.)

Ähnliche Tabellen findet man in Werner, Handbuch des Futterbaues, 2. Aufl., 1889; Lehrke, Mischung und Aussaat von Grassämereien, Breslau 1888; ferner von Wollny im Landwirtschaftlichen Kalender von Mentzel & v. Lengerke; in Burgtorf, Wiesen- u. Weidenbau; Strecker, Erkennen und Bestimmen der Wiesengräser; für Moorwiesen von Weber in Thiel's Landw. Jahrb. Bd. 27, Ergänz.-Bd. 4 etc. Im speziellen weichen die Zahlen oft voneinander ab. — Wir wollen bei folgendem Beispiel für Dauerwiesen die Stebler'schen Zahlen mit *75 % Zuschlag* zu Grunde legen.

Beispiel.	Soll eine Rieselwiese bestehen aus:			abgerundet
Obergräser	10 %	Fuchsschwanz,	so sind pro ha nötig	4,5 kg
	20 „	Wiesenschwingel,	„ „ „ „ „	16,5 „
	10 „	Knaulgras,	„ „ „ „ „	7,0 „
	20 „	Timothee,	„ „ „ „ „	7,0 „
Untergräser	10 „	Wiesenrispengras,	„ „ „ „ „	4,0 „
	5 „	Gemein. Rispengras,	„ „ „ „ „	2,0 „
	10 „	Fioringras,	„ „ „ „ „	3,0 „
	10 „	Engl. Raigras,	„ „ „ „ „	9,0 „
	5 „	Kammgras,	„ „ „ „ „	2,5 „
				55,5 kg
Hierzu könnte man als Gewürz noch nehmen:			Ruchgras	0,5 „
			Kümmel	1,0 „
			Summa	57,0 kg

Nachstehend folgt eine Zusammenstellung von Samenmischungen verschiedener Autoren. Wie man leicht bemerkt, sind sie selbst für die nämliche Art Wiese sehr verschieden, es hängt das z. T. von persönlichen Ansichten ab. Namentlich ist auch die Summe sehr verschieden; auf graswüchsigem Boden genügen 40—50 kg, lieber nehme man aber etwas mehr.

(Siehe Tabellen über Samenmischungen für Dauerwiesen auf S. 346 u. 347.)

Saatmenge bei Rein- oder Einzelsaat in Kilogrammen nach Stebler.

No.	*Samenart*	Auf das Hektar				
		ohne Zu-schlag	mit 25 %	mit 50 %	mit 75 %	mit 100 %
			Zuschlag			
1	2	3	4	5	6	7
1	Rotklee	23	28,8	34,5	40,3	46,0
2	Weifsklee	14	17,5	21,0	24,5	28,0
3	Bastardklee	14	17,5	21,0	24,5	28,0
4	Luzerne	31	38,8	46,5	54,3	62,0
5	Hopfenklee	23	28,8	34,5	40,3	46,0
6	Esparsette	194	242,5	291,0	339,5	388,0
7	Wundklee	23	28,8	34,5	40,3	46,0
8	Gemeiner Schotenklee	23	28,8	34,5	40,3	46,0
9	Sumpfschotenklee	14	17,5	21,0	24,5	28,0
10	Englisches Raigras	50	62,5	75,0	87,5	100,0
11	Italienisches Raigras	48	60,0	72,0	84,0	96,0
12	Franz. Raigras (Fromental) . .	81	101,3	121,5	141,8	162,0
13	Goldhafer	33	41,3	49,5	57,8	66,0
14	Wiesenschwingel	47	58,8	70,5	82,3	94,0
15	Rohrschwingel	47	58,8	70,5	82,3	94,0
16	Roter Schwingel	36	45,0	54,0	63,0	72,0
17	Schafschwingel	33	41,3	49,5	57,8	66,0
18	Verschiedenblättriger Schwingel	39	48,8	58,5	68,3	78,0
19	Knaulgras	40	50,0	60,0	70,0	80,0
20	Timothee.	19	23,8	28,5	33,3	38,0
21	Wolliges Honiggras	23	28,8	34,5	40,3	46,0
22	Wiesenfuchsschwanz.	25	31,3	37,5	43,8	50,0
23	Kammgras	28	35,0	42,0	49,0	56,0
24	Wiesenrispengras	23	28,8	34,5	40,3	46,0
25	Gemeines Rispengras	23	28,8	34,5	40,3	46,0
26	Hainrispengras.	34	42,5	51,0	59,5	68,0
27	Fioringras	17	21,3	25,5	29,8	34,0
28	Ruchgras	33	41,3	49,5	57,8	66,0
29	Rohrglanzgras	25	31,5	37,5	43.8	50,0
30	Aufrechte Trespe	61	76,3	91,5	106,8	122,0
31	Wehrlose Trespe	55	68,8	82,5	96,3	110,0
32	Gemeine Schafgarbe	12	15,0	18,0	21,0	24,0
33	Wiesenflockenblume	10	12,5	15,0	17,5	20,0
34	Becherblume, Poterium sanguisorba	42	52,5	63,0	73,5	84,0
35	Kümmel	23	28,8	34,5	40,3	46,0

Durch Vermittelung des Herrn Dr. C. Weber waren uns in dankenswertester Weise von der Moorversuchsstation in Bremen für die 2. Auflage dieses Werkes ihre bewährten Mischungen für Moorwiesen zur Verfügung gestellt. Dieselben sind inzwischen in Thiel's Landw. Jahrbüchern, Bd. 27, Ergänzungsband 4, 1898, S. 451 veröffentlicht und eingehend begründet.

(Siehe Tabellen S. 348 bis 350.)

In den oben genannten Werken und überhaupt in fast allen Schriften über Wiesenbau sind noch für verschiedene andere Zwecke Samenmischungen angegeben. Man betrachte sie aber nicht, so wenig wie die hier mitgeteilten, als feststehende Rezepte, sondern ändere je nach Bedarf. Vor allem sehe man sich auch vorher die Preise des betreffenden Jahres an, lasse ganz teure Samen, wie z. B. Kammgras, Goldhafer, echtes Ruchgras, gemeines Rispengras etc. gegebenenfalls weg und nehme dann dafür von andern Gräsern mit ähnlichem Wuchs mehr; statt Kammgras, Goldhafer und Ruchgras z. B. mehr Fioringras oder gemeines Straufsgras, Agrostis vulgaris, und Wiesenrispengras; statt gemeines Rispengras ebenfalls mehr Wiesenrispengras. Goldhafer sollte man aber nach Stebler für Dauerwiesen möglichst immer verwenden, wenn auch nur 2—3 %; er vermehrt sich später schon; ebenso würde ich raten, immer etwas Fuchsschwanz zu nehmen, wenn er auch teurer ist. Wenn möglich, sehe man sich die Umgegend an und wähle solche Gräser, die dort gut gedeihen, falls es Gräser erster Güte sind.

Die Samenmischungen lasse man nicht vom Samenhändler machen, sondern sich die Arten einzeln schicken, sende dann, wo möglich, von jeder eine Probe zur Untersuchung an eine Samen-Kontrollstation und stelle die Mischungen, wie oben angegeben, selbst zusammen.

Die Aussaat erfolgt am besten im Frühjahr, nötigenfalls auch früh im Herbst, doch ist dann ein Ausfrieren der jungen Saat nur zu leicht zu befürchten.

Oft pflegt man, um die junge Grassaat im Schutze erwachsen und kein Unkraut aufkommen zu lassen, eine Überfrucht aus Hafer, seltener Sommerroggen, noch seltener Gerste, Buchweizen (oder wenn die Saat im Herbst erfolgt, aus Roggen) zu geben. Diese mufs *vor* der Klee- und Grassaat eingebracht werden. Während meistens geraten wird, nur halb so viel Überfrucht zu säen, als wenn diese allein auf der Fläche stehen sollte, empfiehlt Stebler, gerade den Hafer recht dick zu säen, 5 hl pro ha, und ihn dreimal grün zu schneiden: 1. wenn er eine Höhe von 15 bis 20 cm erreicht hat, 2. wenn er wieder 60—90 cm hoch ist, zugleich mit dem Grase, 3. im Herbst, wo dann vorwiegend Gras, weniger Hafer in den Schwaden zu finden sein wird. — In vielen Fällen ist eine Überfrucht gar nicht nötig, namentlich wenn man viel englisches Raigras in der Saat hat. Dieses entwickelt sich schnell und bildet selber gewisser-

(Fortsetzung auf S. 351.)

Samenmischungen für Dauerwiesen in kg auf das ha.

U bedeutet Untergras, sf sehr früh, f früh, mf mittelfrüh, s spät.

Laufende No.	Grasentwickelung	Name	Rieselwiesen: Nach Schenk[1]) abgerundet %	kg	Nach Werner %	kg	Nach Stebler %	kg	Guter Sandboden nach Strecker %	kg	Frische Wiese nach Strecker %	kg	Entsäuerte Moorwiese nach Strecker %	kg	Moorwiese nach Stebler %	kg	Moordammwiese nach Wittmack %	kg
			(1)		(2)		(3)		(4)		(5)		(6)		(7)		(8)	
		Gräser																
1	U s	Agrostis stolonifera (Fioringras)	14,3	1	.	.	10	3	?	2	?	2	?	2	10	3	5	1,5
2	sf	Alopecurus pratensis (Wiesenfuchsschwanz)	14,3	21	10	12	10	4,4	.	6	.	4	.	6	5	2,2	5	2
3	U sf	Anthoxanthum odoratum (Ruchgras)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,5
4	f	Arrhenatherum elatius (Französisches Raigras)	14,3	42	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	5	7
5	U mf	Avena flavescens (Goldhafer)	.	.	.	.	5	3	.	2	.	3	.	.	5	2,9	2	1
6	f	Avena pubescens (Weichhaariger Hafer)	.	.	10	20	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.
7	U s	Briza media (Zittergras)	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	1	.	.	.	.
8	U mf	Cynosurus cristatus (Kammgras)	.	.	10	6	.	.	.	9	.	6	.	6	.	.	2	1
9	f	Dactylis glomerata (Knaulgras)	.	.	.	.	10	7	.	3,5	.	10	.	2,5	5	3,5	5	3,5
10	mf	Festuca arundinacea (Rohrschwingel)	.	.	.	.	10	8,2	.	15	.	.	.	.	5	4,1	5	4
11	mf	Festuca pratensis (Wiesenschwingel)	14,3	14	20	40	10	8,2	.	15	.	8	.	10	5	4,1	10	8

12	U mf	Festuca rubra (Rotschwingel)	.	.	.	.	10	6,3	.	10	.	.	.	8	10	6,3	5	3
13	mf	Holcus lanatus (Wolliges Honiggras)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	5	2,0	.	.
14	sf	Lolium italicum (Italienisches Raigras)	.	12[2])	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	3	3
15	U f	Lolium perenne (Englisches Raigras)	.	.	10	15	.	.	.	4	.	10	.	.	.	.	5	4,5
16	s	Phalaris arundinacea (Rohr-Glanzgras)	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	4	.	.	5	2,5
17	s	Phleum pratense (Timothee)	14,3	4	25	8	10	3,3	.	7,5	.	8	.	10	10	3,3	10	3,5
18	U f	Poa pratensis (Wiesenrispengras)	14,3	5	10	4	10	4	.	2	.	4	.	3	10	4,0	10	4
19	U f	Poa trivialis (Gemeines Rispengras)	14,3	4	5	2	.	.	.	.	.	3	.	5	.	.	.	.
		Kleegewächse etc.	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)		(6)		(7)		(8)	
20	f	Lotus corniculatus (Gemeiner Hornklee)	.	.	.	.	.	.	.	1	.	0,5	.	.	.	.	.	.
21	s	Lotus uliginosus (Sumpf-Hornklee)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	20!	4,9	5	1
22	s	Medicago lupulina (Hopfenklee)	.	.	.	.	.	.	.	3	.	0,5	.	.	.	.	.	.
23	s	Trifolium hybridum (Bastardklee)	.	.	.	.	10	2,4	.	2	.	2,5	.	3	10	2,5	10	2,5
24	mf	Trifolium pratense perenne (Immerwährender Rotklee)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	5	2
25	s	Trifolium repens (Weifsklee)	.	.	.	.	5	1,2	.	2	.	4	.	2	.	.	.	.
26	f	Vicia Cracca (Vogelwicke)[3])	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,5	.	0,5	.	.	.	.
27	f	Carum Carvi (Kümmel)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1
		Summa	.	103	.	107	.	51	.	89	.	84,0	.	69,0	.	42,8	.	55,5

[1]) In Dünkelbergs Wiesenbau, 3. Aufl., 1894, S. 78. [2]) Als Überfrucht. [3]) Nach S. 333 nicht zu empfehlen.

Grassamenmischungen der Moorversuchsstation Bremen für Moorwiesen und Weiden.[1])

Lauf. No.	Name		A.		B.		C.		D.		E.		F.		G.		H.		J.	
			Wiesen	Weiden	Wiesen	Weiden	Wiesen	Weiden	Wiesen	Weiden	Wiesen	Weiden	Wiesen	Weiden	Wiesen	Weiden	Wiesen	Weiden	Wiesen	Weiden
1	Anthoxanthum odoratum	kg	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
	(Ruchgras)	%	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2	Alopecurus pratensis	kg	2,2	·	2,0	·	2,3	·	2,3	·	2,0	2,0	1,9	1,9	2,5	2,3	1,5	·	2,0	·
	(Wiesenfuchsschwanz)	%	6,0	·	5,0	·	6,0	·	6,0	·	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5	4,0	·	5,0	·
3	Phleum pratense	kg	3,5	2,8	3,4	3,0	3,4	3,0	3,5	3,4	3,0	3,0	2,8	2,8	3,8	3,8	3,4	3,4	3,0	2,9
	(Timotheegras)	%	12,0	10,0	12,0	10,0	12,0	10,0	12,0	12,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	12,0	12,0	10,0	10,0
4	Agrostis alba stolonifera	kg	1,3	3,0	2,5	3,8	2,8	3,7	3,2	4,6	5,1	6,6	5,1	6,6	2,4	3,4	2,5	4,8	3,4	5,0
	(Fioringras)	%	5,0	12,0	10,0	15,0	11,0	15,0	12,0	18,0	20,0	26,0	20,0	26,0	7,0	10,0	10,0	15,0	13,0	20,0
5	Avena elatior	kg	6,1	·	6,0	·	·	·	·	·	·	·	·	·	8,0	·	2,4	·	2,5	·
	(Französisches Raigras)	%	5,0	·	5,0	·		·	·	·	·	·	·	·	5,0	·	2,0	·	2,0	·
6	Poa pratensis	kg	6,2	8,3	3,5	5,2	4,8	6,9	3,5	5,5	·	·	·	·	6,9	9,2	3,1	5,2	3,5	5,2
	(Wiesenrispengras)	%	18,0	24,0	10,0	15,0	15,0	20,0	10,0	16,0	·	·	·	·	15,0	20,0	9,0	15,0	10,0	15,0
7	Dactylis glomerata	kg	3,0	·	3,0	·	·	·	·	·	·	·	·	·	8,0	4,0	1,5	·	1,5	·
	(Knaulgras)	%	5,0	·	5,0	·	·	·	·	·	·	·	·	·	10,0	5,0	2,5	·	2,5	·
8	Festuca pratensis	kg	11,1	10,0	11,0	10,1	11,0	10,0	11,0	11,0	12,3	12,7	13,4	14,0	7,5	4,7	10,8	10,8	10,8	10,8
	(Wiesenschwingel)	%	15,5	13,5	15,5	13,5	15,5	14,5	15,5	15,5	17,5	18,0	19,0	20,0	8,0	5,0	15,0	15,0	15,0	15,0
9	Lolium perenne	kg	3,7	7,5	3,7	5,2	2,3	2,3	2,4	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	5,0	5,0	3,0	3,8	3,7	3,7
	(Englisches Raigras)	%	5,0	10,0	5,0	7,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0	5,0
10	Lolium italicum	kg	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	·	·	·	·	2,9	2,9	1,4	1,4	2,2	1,4
	(Italienisches Raigras)	%	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	·	·	·	·	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0
11	Lotus uliginosus	kg	1,7	0,6	1,7	0,6	1,3	0,6	1,7	0,6	2,0	0,5	2,0	0,5	0,7	0,5	2,0	0,6	1,0	0,6
	(Sumpf-Hornklee)	%	8,0	3,0	8,0	3,0	6,0	3,0	8,0	3,0	10,0	2,5	9,5	2,5	2,5	2,0	10,0	3,0	5,0	3,0

Nr.	Art		A.		B.		C.		D.		E.		F.		G.		H.		J.	
12	Medicago lupulina (Hopfen-Luzerne)	kg	.	1,4	.	1,9	.	1,1	.	1,1	.	.	.	.	.	2,5	.	.	.	.
		%	.	5,0	.	5,0	.	3,0	.	3,0	.	.	.	.	.	5,0	.	.	.	.
13	Trifolium pratense perenne (Bullenklee)	kg	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
		%	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
14	Trifolium hybridum (Bastardklee)	kg	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,5	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6
		%	5,0	5,0	5,0	5,0	7,0	5,0	7,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
15	Trifolium repens (Weißklee)	kg	1,7	2,1	1,7	2,1	1,7	2,1	1,7	2,1	1,0	2,0	1,0	2,0	2,7	3,0	1,0	2,9	1,5	2,3
		%	8,0	10,0	8,0	10,0	8,0	10,0	8,0	10,0	5,0	10,0	5,0	10,0	9,5	10,5	5,0	14,0	7,0	11,0
16	Carum Carvi (Kümmel)	kg	0,2	.	0,2	.	0,2	.	0,2	.	.	.	.	.	0,2	.	0,1	.	0,2	.
		%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	Poa trivialis (Gemeines Rispengras)	kg	.	.	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,3	2,3	1,4	1,4	1,5	1,4
		%	.	.	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0
18	Cynosurus cristatus (Kammgras)	kg	.	.	.	0,8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2,0	.	.	.	.
		%	.	.	.	2,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3,5	.	.	.	.
19	Festuca rubra (Echter rot. Schwingel) oder Festuca heterophylla (Verschiedenblätt. Schwingel)	kg	.	.	.	1,6	.	.	.	.	.	.	.	.	3,9	3,9	1,1	1,1	1,1	1,1
		%	.	.	.	3,0	.	.	.	.	.	.	.	.	5,0	5,0	2,0	2,0	2,0	2,0
20	Phalaris arundinacea (Rohrglanzgras)	kg	.	.	.	.	1,9	.	2,2	.	3,7	2,3	3,0	1,5	.	.	3,7	1,5	3,0	1,5
		%	.	.	.	.	5,0	.	6,0	.	10,0	6,0	8,0	4,0	.	.	10,0	4,5	8,0	4,5
21	Glyceria fluitans (Flutendes Mannagras)	kg	.	.	.	.	.	.	.	.	3,5	3,5	3,5	3,4	.	.	1,3	1,3	1,3	1,3
		%	.	.	.	.	.	.	.	.	5,0	5,0	6,0	5,0	.	.	2,0	2,0	2,0	2,0
22	Holcus lanatus (Wolliges Honiggras)	kg	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,0	.	.	.	.	.
		%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2,0	.	.	.	.	.
23	Lotus corniculatus (Wiesen-Hornklee)	kg	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,7	0,5	.	.	.	.
		%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2,5	2,0	.	.	.	.
.	Summa kg:		45,0	40,0	44,5	40,0	38,0	35,5	38,0	38,0	40,0	40,0	40,0	40,0	61,0	52,0	42,0	40,0	44,0	39,0

(Bezeichnung der Buchstaben siehe Seite 350.)

[1]) Jetzt auch abgedruckt in Thiel's Landw. Jahrbüchern, Bd. 27, Ergänzungsbd. IV, S. 498—502.

Bezeichnung der Buchstaben (zu S. 348 u. 349):

A für Wiesen und Weiden auf besandetem Niederungsmoor im Binnenlandsklima. Mittlerer Grundwasserstand, im Sommer, 60—80 cm tief.

B besonders für das Küstengebiet der Nordsee, für Wiesen und Weiden auf besandetem Niederungsmoor. Grundwasser wie bei A.

C für Wiesen und Weiden auf nicht besandetem Niederungsmoor mit 40—50 cm durchschnittlichem Grundwasserstand im Sommer.

D besonders für das Küstengebiet der Nordsee, für Wiesen und Weiden auf nicht besandetem Niederungsmoor wie bei C.

E für Wiesen und Weiden auf nicht besandetem Niederungsmoor mit ca. 30 cm durchschnittlichem Grundwasserstand im Sommer.

F besonders für das Küstengebiet der Nordsee, für Wiesen und Weiden auf nicht besandetem Niederungsmoor mit ca. 30 cm durchschnittlichem Grundwasserstand im Sommer.

G für Wiesen und Weiden auf nicht abgetragenem Hochmoor.

H für Wiesen und Weiden auf abgetragenem Hochmoor ohne Sandmischung.

J für Wiesen und Weiden auf abgetragenem und mit Sand gemischtem Hochmoor.

Endlich folge noch Weber's Mischung

K für abgetragenen und mit Marschklei bedeckten Hochmoorboden:

	a. Wiese		b. Weide	
	%	kg	%	kg
1. Anthoxanthum odoratum	0,5	0,2	0,5	0,2
2. Alopecurus pratensis	10	3,8	5	1,5
3. Phleum pratense	12	3,4	12	3,4
4. Agrostis alba	15	3,8	17,5	4,5
5. Cynosurus cristatus	—	—	5	2,2
6. Festuca pratensis	19,5	13,7	15	10,7
7. Lolium perenne	15	11,3	15	11,3
8. Lolium italicum	2	1,5	2	1,5
9. Lotus uliginosus	5	1,0	5	1,0
10. Trifolium pratense perenne	8	2,8	5	1,7
11. Trifolium hybridum	8	1,5	8	1,5
12. Trifolium repens	5	1,0	10	2,0
Summa:		44,0		41,5

maſsen die Überfrucht. Auf frischem, graswüchsigem Boden kann eine Überfrucht sogar schädlich sein, da sie den raschen Schluſs des Rasens behindert. Sog. Kleegrasgemenge (Klee mit Timothee) kann man auch im ersten Frühjahr in Wintergetreide säen.

Das *Aussäen* der Gras- und Kleesamen erfolgt am besten in zwei Abteilungen. Zuerst sät man die spezifisch schwereren, d. h. die *Klee*samen, die man mit dem gleichfalls schweren Timotheesamen, allenfalls auch noch mit Kammgras mischen kann. Darauf folgt die Saat der übrigen, vorher gut zu mischenden Samen.

Pflege der Wiesen. Im ersten Jahre lasse man das Gras nicht zu kurz abschneiden, ferner lasse man junge Wiesen nach dem ersten Winter und auch in den nächsten Frühjahren walzen. Ältere Wiesen müssen in jedem Frühjahr geeggt werden. Ob die Wiesen alle Jahre oder alle zwei Jahre im Winter zu düngen sind, kommt auf den Boden an, bei Rieselwiesen ist in der Regel eine Düngung nicht nötig. Auf Moorwiesen düngt man meist nur mit Kainit und Thomasschlacke (meist 8 Doppelzentner Kainit und 2 Doppelzentner Thomasschlacke aufs ha) beide begünstigen den Wuchs der Leguminosen. Der Stickstoff wird vom Boden geliefert, zum Teil von den Leguminosen. — Zeigt eine Wiese kahle Stellen, so muſs $^1/_6$—$^1/_8$ der Vollsaat *nach*gesät werden. Zur Nachsaat empfiehlt Stebler besonders Kammgras, auch Timothee, Wiesenfuchsschwanz, Rohrglanzgras, Wiesenschwingel und Knaulgras, Goldhafer, englisches und italienisches Raigras, welch letztere beiden aber meist nur ein bis zwei Jahre dauern. Klee kann ebensogut nachgesät werden. Stebler rät auch, und mit Recht, diese Nachsaat *nach dem zweiten Schnitt* zu geben, nachdem die Wiese vorher geeggt ist, nicht, wie es gewöhnlich geschieht, im Frühjahr, weil dann das ältere, stark treibende Gras die Keimpflanzen leicht unterdrückt.

§ 81.

Erträge der Wiesen und der einzelnen Futterpflanzen. Selbstverständlich sind die Erträge der Wiesen je nach deren Beschaffenheit, aber auch je nach der Witterung sehr verschieden. Dasselbe gilt für Bestände aus nur wenigen Gras- und Kleearten, sog. Kleegrasschläge, und für rein angebaute Gras- und Kleearten. Eine einzelne Grasart wird selten für sich allein angebaut, es sei denn der Samengewinnung wegen; leider hat aber die Grassamenzucht und auch das Sammeln von Samen wildwachsender Gräser in Deutschland immer mehr abgenommen und sind wir meist auf die Einfuhr vom Auslande mit angewiesen. Trotzdem geben wir auf besonderen Wunsch zunächst die Erträge der einzelnen Kleegewächse und Gräser, soweit diese bekannt sind, und folgen dabei der Tabelle des verstorbenen Prof. Dr. Wollny in München im Landwirtschaftlichen Kalender von Mentzel und v. Lengerke 1902, Verlag von

Paul Parey, Berlin, I. Teil, S. 78; alles in Doppelzentnern aufs Hektar. Einige Zahlen erscheinen uns zu hoch.

Kleegewächse:	Samen	Stroh	Heu, desgl.	Aufserord. Maximalerträge
Rotklee	3—6	16—20	30— 60	100
Weifsklee	3—6	20—28	16— 30	40
Inkarnatklee	4—7	20—30	24— 36	50
Bastardklee	1,6—3,2	12—18	24— 48	60
Wundklee	4—8	24—36	20— 50	80
Luzerne	4—8	20—30	48—120	160
Sandluzerne	2,4—3,6	10—18	36— 72	90
Hopfenluzerne (Gelbklee)	4—6	20—32	20— 48	64
Esparsette	6—9	16—32	30— 60	80
Serradella	4—15	8—36	24— 60	104
Bokharaklee	8—16	36—72	40— 80	100
Schotenklee, gehörnter	—	—	14— 28	40
Futterwicke	—	—	32— 48	60
Sandwicke	—	—	32— 64	100
Gräser:				
Rispengras, Wiesen-	—	—	32— 64	90
„ gemeines	—	—	32— 64	90
„ spätes	—	—	48— 72	96
Knaulgras	2,2—3,0	—	120—168	208
Kammgras	1,6—2,4	—	26— 52	64
Schwingel, Wiesen-	2,2—2,8	7,2—12,6	52—140	176
„ rohrartiger	3,6—4,0	—	104—160	200
„ Schaf-	—	—	26— 44	62
„ roter	—	—	34— 68	84
„ härtlicher	—	—	50—100 (?)	134 (?)
Raigras, englisches	2,8—4,0	24—32	40— 80	100
„ italienisches	3,2—4,4	40—60	76—106	120
„ französisches	3,0—4,0	40—60	38— 96	172
Gold-Hafer	2,0—4,0	—	40— 70	80
Straufsgras, gemeines	—	—	50—100 (?)	130 (?)
Wiesenfuchsschwanz	2,0—4,0	—	38— 90	110
Timotheegras	3—8	10—20	34—106	140

Theoretisch betrachtet, müfste man, wenn das Mischungsverhältnis der ausgesäten Gräser und Kleegewächse bekannt ist, aus vorstehender Tabelle den Ertrag des Gemisches berechnen können; aber einmal fehlen in der Tabelle manche Gräser, die doch in die Mischung genommen werden, zweitens weifs man nicht, ob sie auch in dem ausgesäten Verhältnis auf der Wiese wirklich erscheinen, da das eine oder das andere vielleicht einen Vorsprung erhält, drittens entwickelt sich öfter noch eine Anzahl anderer Gräser, die gar nicht ausgesät worden, sondern deren Samen im

Boden lagen oder durch Anflug u. dgl. hinzugekommen sind, sodaſs die Rechnung nie stimmen würde. Es ist daher viel besser, die an der Hand langjähriger Erfahrung gewonnenen Zahlen über die Erträge der Wiesen zu Grunde zu legen. Darüber gibt es in vielen Büchern Tabellen, bei denen zugleich die Erträge nach der *Güte* der Wiesen, nach deren „Bonität“ geordnet sind.

Wir geben nachstehend die Wiesen- und Weidenerträge nach Prof. Dr. W. Strecker in Leipzig, welche dieser im Landwirtschaftlichen Kalender von Mentzel und v. Lengerke zuerst 1888 veröffentlichte. Sie sind seitdem fast unverändert abgedruckt worden, und nach einer Mitteilung des Herrn Prof. Strecker an den Verf. haben sie auch heute noch im wesentlichen Geltung.

Heuerträge der Wiesen und Weiden nach Strecker in Doppelzentnern aufs ha:

Beste 2—3schürige Niederungs- oder Bewässerungswiesen	60—80
Sehr gute 2schürige Niederungs- oder Talwiesen, gute Bewässerungswiesen, gut gedüngte Höhenwiesen	50—60
Gute 2schürige Wiesen, bewässert oder gedüngt	40—50
Mittelgute 2schürige Wiesen, bewässert oder gedüngt	30—40
Geringe 2schürige Wiesen, mangelhaft bewässert oder gedüngt	25—30
1schürige Wiesen, nicht bewässert, ungedüngt	20—25
Geringe 1schürige Wiesen, nicht bewässert, ungedüngt	15—20
Sehr geringe 1schürige Wiesen, auch torfige Wald- und Bergwiesen	7—15

Mast- oder Fettweiden (2,5—3 Stück Rindvieh zu 500 kg aufs ha)	55—70
Sehr gute Kuhweiden (2—2,5 Stück Rindvieh aufs ha)	45—55
Gute Kuhweiden (1,5—2 Stück Rindvieh aufs ha)	35—45
Geringe Kuhweiden (1—1,5 Stück Rindvieh aufs ha)	25—35
Gute Schafweiden (9—12 Schafe aufs ha)	25—35
Mittelmäſsige Schafweiden (6—9 Schafe aufs ha)	15—25
Geringe Schafweiden (3—6 Schafe aufs ha)	6—15
Sehr geringe Schafweiden (1—3 Schafe aufs ha)	3—6

Den brieflichen Nachrichten des Herrn Prof. Strecker zufolge kommt er auf Grund der Jahresberichte der Landwirtschaftskammern für 1901, die ihm fast alle vorgelegen, zu folgenden Durchschnittszahlen in Doppelzentnern aufs ha:

Beste Niederungs- und Bewässerungswiesen	76
Gute 2schürige Niederungs- und Bewässerungswiesen	54—62
2schürige Wiesen	40—49
Gute 1schürige Wiesen	27—35
1schürige Wiesen	15—22

„Durch die Kali-Phosphatdüngung ist der Ertrag zwar etwas gestiegen“, äuſsert sich Herr Prof. Strecker, „aber immer noch nicht genug,

und es ist geradezu unverzeihlich, dafs sich die Landwirte mit niedrigen Erträgen begnügen. Der Wiesenbau ist in manchen Fällen noch immer das Stiefkind geblieben, was um so unerklärlicher ist, als der Futterbau auf dem Ackerlande vielmal teurer ist als der auf den Wiesen. Und doch geht so viel Geld für den Futterbau auf dem Ackerlande drauf, während man oft dicht daneben durch Verbesserung der Wiesen viel schneller vorwärts kommen würde."

Wir können uns dem nur anschliefsen. Der Landwirt mufs nach immer höheren Erträgen auf seinen Wiesen streben. Uns ist ein Gut in Pommern bekannt, wo durch passende Aussaat und gute Pflege der Wiesen bis 160 Doppelzentner Heu aufs Hektar gewonnen werden. Das ist allerdings vielleicht ein Ausnahmefall, aber wir müssen solche Fälle zu vermehren suchen. Schon 1882 gibt Hugo Werner in Thiel's Landwirtschaftlichem Lexikon den Ertrag der Wiesen folgendermafsen an:

Gedüngte, gut bewässerte 3schürige Wiesen . .	bis 85	dz	aufs	ha.
Gute natürliche 2schürige Wiesen	40—60	"	"	"
1schürige Wiesen	20—40	"	"	"

Vergleicht man diese Zahlen mit den obigen, so sehen wir, dafs wir noch nicht viel weiter gekommen sind. Werner sagt sehr richtig: Wiesen mit weniger als 20 Doppelzentner Heu aufs ha sollte man nicht mehr als Wiesen benutzen. Wir möchten dem hinzufügen: Die mufs man, wenn irgend möglich, zu verbessern suchen! In der Schweiz bringen die besten *Tal*wiesen 50—70 Doppelzentner aufs ha und mehr, die Alpenwiesen bedeutend weniger, aber dafür nährstoffreicheres Futter. (Stebler und Schröter, Die besten Futterpflanzen, Teil III, S. 7.)

Schon v. d. Goltz, Landw. Taxationslehre 1882, S. 373, hat darauf hingewiesen, dafs es das richtigste sei, bei der Klassifikation der Wiesen, ebenso wie beim Ackerlande, für jeden Klassifikationsbezirk, bezw. für jedes abzuschätzende Gut ein *besonderes System* aufzustellen. Und so wird ja auch bei den Bonitierungen der Generalkommissionen für jede Gemarkung ein besonderer Klassentarif aufgestellt. Dieser soll nur das *Verhältnis* der Güte der Wiesen in der betr. Gemarkung zu *einander* angeben, und darauf kommt es bei der Ablösung etc. nur an. Siehe Beispiele bei v. d. Goltz, Taxationslehre, und bei Hüser, Zusammenlegung der Grundstücke, 1890. Ferner bei Dünkelberg, Landw. Taxationslehre, 1898, S. 99.

Literatur zum II. Abschnitt.

Abromeit, J., unter Mitwirkung von A. Jentzsch und G. Vogel, Flora von Ost- und Westpreufsen, 1899.

Ascherson und Graebner, Flora des Nordostdeutschen Flachlandes (aufser Ostpreufsen). Berlin 1898—1899.

Ascherson, Graebner und Beyer, Nordostdeutsche Schulflora. Berlin 1902. (Auszug aus voriger, für die meisten Zwecke ausreichend.)

Birnbaum, Dr. Eduard, Wiesen- und Futterbau. Berlin 1892, Paul Parey.

Birnbaum, K., Landwirtschaftliche Taxationslehre. Berlin 1877.

Braungart, Dr. Richard, Handbuch der rationellen Wiesen- und Weiden-Kultur und Futterverwendung. München 1899, Theodor Ackermann.

Burgtorf, F., Wiesen- und Weidenbau. 4. Aufl. Berlin 1895, Paul Parey (Thaer-Bibliothek).

Dünkelberg, Dr. Friedrich Wilhelm, Der Wiesenbau in seinen landwirtschaftlichen und technischen Grundzügen. 3. Aufl. Braunschweig 1894, Friedrich Vieweg & Sohn.

Dünkelberg, F. W., Landw. Taxationslehre. Braunschweig 1898.

Fuchs, Dr. E., Der Petersen'sche Wiesenbau. Berlin 1889, Paul Parey (Thaer-Bibliothek).

Garcke, Illustrierte Flora von Deutschland. 18. Aufl. Berlin 1898, Paul Parey.

Heinemann, A., Grundregeln der Wiesenpflege. Siegen 1900, W. Vorländer.

Hüser, A., Die Zusammenlegung der Grundstücke nach dem preufsischen Verfahren. Berlin 1890, Paul Parey.

Jessen, Deutschlands Gräser und Getreidearten. Leipzig 1863.

Kirchner, O., Flora von Stuttgart und Umgebung mit besonderer Berücksichtigung der *biologischen* Verhältnisse.[1]) 1890.

König, Dr. J., Die Pflege der Wiesen. Berlin 1893, Paul Parey.

Kgl. preufsisches Kriegsministerium, Anleitung zur Beurteilung des Pferdeheues. Berlin 1889, Paul Parey.

Kutscher, H., Wiesenbau. 2. Aufl. Berlin 1898, Paul Parey (Landw. Unterrichtsbücher).

Lackowitz, W., Flora von Berlin und der Provinz Brandenburg. 12. Aufl. Berlin 1901, Friedberg & Mode.

Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz, 1892. Enthält einen sehr wichtigen Aufsatz von Stebler und Schröter: Versuch einer Übersicht über die Wiesentypen der Schweiz.

[1]) Fast für jede Gegend gibt es Lokalfloren, die man gegebenenfalls zu Rate ziehen mufs. Wir können sie hier nicht alle nennen, die Kirchner'sche aber berücksichtigt zum erstenmale ausführlicher die Biologie (die Bestäubungsverhältnisse etc.).

Langethal, Handbuch der Landw. Pflanzenkunde. 5. Aufl. Berlin 1874, Paul Parey. 4 Bde. (1. Teil: Gras und Getreide; 2. Teil: Klee- und Wickpflanzen). Noch immer brauchbar.

Lehrke, Mischung und Aussaat von Grassämereien. Breslau 1888.

Nowacki, Der praktische Kleegrasbau. 3. Aufl. Frauenfeld 1891, J. Huber's Verlag.

von Seelhorst, Dr. C., Acker- und Wiesenbau auf Moorboden. Berlin 1892, Paul Parey.

Stebler, Dr. F. G., Die besten Grassamenmischungen. 3. Aufl. Bern, K. J. Wyfs.

Stebler und Schröter, Die besten Futterpflanzen. Abbildungen und Beschreibungen nebst Angaben über Kultur, landwirtschaftlichen Wert, Samen-Gewinnung, Verunreinigungen, Verfälschungen etc. Im Auftrage des Schweizerischen Landwirtschaftsdepartements bearbeitet. 4°. I. Teil 2. Aufl., 1892; II. Teil 2. Aufl. (von Stebler allein), 1895; III. Teil: Die Alpenfutterpflanzen, 1889; IV. Teil: Die besten *Streue*pflanzen (von Stebler allein), 1898. Das beste und mit schönen farbigen Tafeln versehene Werk über die wichtigsten Futterpflanzen. Verlag von K. J. Wyfs in Bern.

Strecker, Dr. W., Erkennen und Bestimmen der Wiesengräser. 3. Aufl. Berlin 1900, Paul Parey.

— Die Kultur der Wiesen. Berlin 1894.

Trommer, Dr. C., Die Bonitierung des Bodens vermittelst wildwachsender Pflanzen. Greifswald 1853, C. A. Koch's Verlagsbuchhandlung.

Ulbrich, Dr. Rudolf, Der praktische Wiesenwirt. Leipzig 1901, Hugo Voigt.

Weber, C. A., Über die Zusammensetzung des natürlichen Graslandes in Westholstein, Dithmarschen und Eiderstedt. Sonderabdruck aus Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein, Bd. IX, Heft 2. Kiel 1892, Druck von Schmidt & Klaunig.

— Über die Wiesentypen auf den Moorwiesen und deren Ansaat etc., in Tacke, Mitteilungen der Moor-Versuchs-Station Bremen; (Thiel's landw. Jahrb., Bd. XXVII, Ergänzungsbd. IV.)

— in Emmerling und Weber, Beiträge zur Kenntnis der Dauerweiden. Arbeiten der Deutsch. Landw.-Gesellschaft, Heft 61, 1901. — (Siehe auch S. 237.)

Werner, Dr. Hugo, Handbuch d. Futterbaues. 2. Aufl. Berlin 1889, Paul Parey.

Wittmack, Dr. Ludwig, Gras- und Kleesamen, kurze Anleitung zu ihrer Erkennung und Prüfung, nebst deren Verfälschungen und Verunreinigungen. Berlin 1872, Paul Parey. Mit 8 Tafeln.

— Die Beurteilung des Heues. (Abdruck aus Nachrichten des Klubs der Landwirte zu Berlin.) Berlin 1889, Paul Parey.

— Die eidgenössische Samenkontrollstation in Zürich, ihre Versuchsfelder daselbst und auf der Fürstenalp, nebst Bemerkungen über einige Alpenwiesen und -weiden, in Thiel's Landw. Jahrb., Bd. XXIII, 1894, S. 47.

— Die Wiesen auf den Moordämmen in der Kgl. Oberförsterei Zehdenick, 2. bis 9. Bericht. Abdruck aus Thiel's Landw. Jahrb.; der 9. (Schlufs-)Bericht in Bd. XXVIII, 1900, S. 539, mit 5 Tafeln. Berlin, Paul Parey.

Wünsche, Otto, Die Pflanzen Deutschlands. 8. Aufl. Leipzig 1901, B. G. Teubner,

Dritter Abschnitt.

Grundzüge der technischen Mechanik und Hydraulik.

Kapitel I.

Bewegung fester Körper und mechanische Arbeit.

§ 1.

Von der Bewegung. Bevor man versucht, die oft sehr verwickelte Bewegung eines Körpers zu beschreiben, ist es zweckmäfsig, nur einen Punkt desselben ins Auge zu fassen. Dieser befindet sich bei seiner Bewegung nach und nach an verschiedenen Stellen, deren Gesamtheit eine *gerade* oder *krumme* Linie bildet und *Bahn* des Punktes genannt wird. Gleichzeitig hat man auf die fortschreitende Zeit zu achten. Man zählt dieselbe nach Sekunden, von einem gewissen Augenblicke (zur Zeit Null) ausgehend.

Zur Zeit 0 möge ein bewegter Punkt P (Fig. 116) im Punkte A seiner Bahn gewesen sein und sich zur Zeit t in B befinden. Die Länge der Strecke AB, längs der Bahn gemessen, sei s, dann heifst der Wert u des Verhältnisses $s:t$ die *mittlere Geschwindigkeit* des Punktes für die Strecke AB.

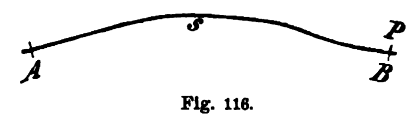


Fig. 116.

Wir wollen uns die mittlere Geschwindigkeit auch für kürzere Strecken, z. B. $s:2$, $s:3$, $s:4$, berechnet denken und annehmen, die Werte von u seien für die immer kürzer werdenden Strecken beziehentlich u_1, u_2, u_3, u_4, so wird man einsehen, dafs sich auch ein ganz bestimmter Wert von u ergeben mufs, wenn die zugehörige Strecke unendlich klein genommen wird. Dieser Grenzwert wird *Geschwindigkeit* des Punktes P in seiner Lage A genannt.

§ 2.

Gleichförmige Bewegung. Erhält man für u stets denselben Wert, wie grofs oder wie klein man auch die Strecke der Bahn zur

Berechnung von u nimmt, so sagt man, die Bewegung des Punktes sei gleichförmig. Es ist dann auch der mit c zu bezeichnende Wert der Geschwindigkeit für alle Stellen der Bahn derselbe, und man hat

$$c = \frac{s}{t} \quad (1), \qquad \text{woraus folgt } s = ct \quad (2), \qquad \text{und } t = \frac{s}{c} \quad (3).$$

Setzt man $t = 1$, so folgt $c = s$, d. h.: *Die Geschwindigkeit ist gleich dem in der Zeiteinheit zurückgelegten Wege.*

Beispiel. Jemand legt in einer Stunde 3960 m zurück; wie grofs ist seine mittlere Geschwindigkeit? — Es ist s gleich 3960 m zu setzen und t gleich $1 \times 60 \times 60$ Sekunden und nach (1) zu rechnen. Man erhält c gleich 1,1 m.

§ 3.

Geschwindigkeits-Kurve. Es sei für einen bewegten Punkt, z. B. an einem schwimmenden Körper, ermittelt, dafs während der auf-

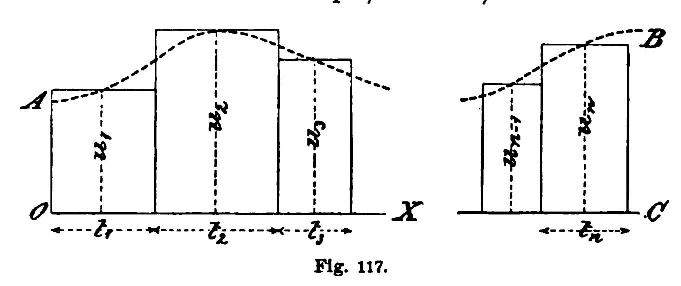


Fig. 117.

einander folgenden Zeiträume t_1 t_2 t_3 t_4 ... t_{n-1} t_n seine mittleren Geschwindigkeiten beziehentlich betrugen u_1 u_2 u_3 ... u_{n-1} u_n. Die durchlaufene Weglänge ist dann nach § 1 während des ersten Zeitraumes t_1 gleich $u_1 t_1$, während des zweiten $u_2 t_2$ u. s. w., sodafs die ganze durchlaufene Strecke gefunden wird aus

$$s = u_1 t_1 + u_2 t_2 + u_3 t_3 + \ldots + u_n t_n.$$

Dieser Ausdruck ist in Fig. 117 graphisch dargestellt. Es sind auf OX die Zeiten durch ihrer Gröfse entsprechende, aneinander gesetzte Strecken bezeichnet. In der Mitte jeder dieser Strecken ist eine Senkrechte errichtet, deren Länge der entsprechenden mittleren Geschwindigkeit gleichkommt. Ferner sind Rechtecke konstruiert, deren Grundlinien die aufgetragenen Zeiten, und deren Höhen die aufgetragenen Geschwindigkeiten sind. Der Inhalt des ersten dieser Rechtecke ist $u_1 t_1$, der des zweiten $u_2 t_2$ u. s. w. Man erkennt, dafs die Inhalte der aufeinanderfolgenden Rechtecke gleich sind den während der Zeiten t_1 t_2 t_3 ... t_n durchlaufenen Weglängen. Mithin entspricht der Inhalt der Figur $OABC$ der ganzen durchlaufenen Weglänge.

Wären die Zeiten t_1 t_2 t_3 ... t_n unendlich klein genommen, so würde sich die treppenförmig abgestufte Linie nur um unmerklich kleine Werte von der in Fig. 117 punktierten Kurve entfernen. Diese Kurve hat dann die Eigentümlichkeit, dafs jede Ordinate derselben (u_1 u_2 u_3 ... u_n) die zu dem entsprechenden Zeitpunkte stattfindende Geschwindigkeit v des bewegten Punktes bedeutet. Wir wollen eine solche Kurve kurz die *Geschwindigkeitskurve* nennen. Es ist auch ersichtlich, dafs die von der Geschwindigkeitskurve AB begrenzte Figur $OABC$ der ganzen durchlaufenen Weglänge s gleich ist.

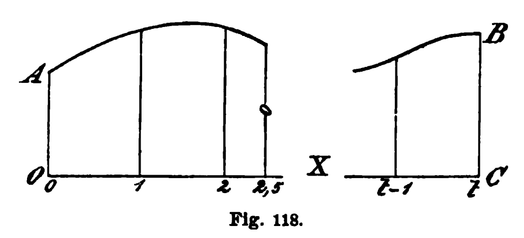


Fig. 118.

Fig. 118 zeigt die gewöhnliche Art, die Geschwindigkeitskurve zu zeichnen. Dabei sind auf OX Teilpunkte abgetragen, die den einzelnen Sekunden bis zur ganzen in Betracht kommenden Zeit t entsprechen. Jede Ordinate würde also die Geschwindigkeit zu der entsprechenden Zeit bedeuten, z. B. o diejenige zur Zeit 2,5 Sekunden. Die ganze durchlaufene Weglänge ergibt der Inhalt der Figur $OABC$.

§ 4.

Gleichförmig beschleunigte Bewegung. Es kommt vor, dafs die Geschwindigkeitskurve gerade ist, wie in Fig. 119. Der Wert der Geschwindigkeit zur Zeit Null, *Anfangsgeschwindigkeit,* sei c und ihr Wert zur Zeit t, *Endgeschwindigkeit,* v, dann ist $v—c$ die ganze Zunahme der

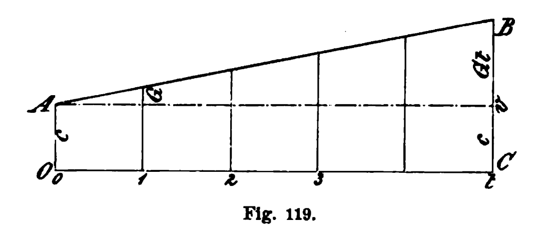


Fig. 119.

Geschwindigkeit während der Zeit t. Für eine Sekunde beträgt also die Zunahme $(v—c):t$. Diese Gröfse, *Beschleunigung* genannt, werde mit G bezeichnet. Es ist dann offenbar am Ende der ersten Sekunde die Geschwindigkeit gleich $c+G$, am Ende der zweiten $c+2G$, am Ende der

dritten $c + 3G$ u. s. w., sodafs allgemein der Wert v der Geschwindigkeit zu irgend einer Zeit t sich darstellt, wie folgt:

$$v = c + Gt. \tag{4}$$

Eine Bewegung, bei der, wie es vorstehende Gleichung ausdrückt, die Geschwindigkeiten in gleichen Zeiten um gleichviel wachsen, heifst eine *gleichförmig beschleunigte Bewegung.* Will man den während irgend einer Zeit t durchlaufenen Weg s wissen, so braucht man sich nur zu erinnern, dafs er nach § 3 gleich ist dem Inhalt der Figur $OABC$ oder

$$s = \frac{c + v}{2} t; \tag{5}$$

setzt man für v den Wert aus (4), so folgt auch

$$s = ct + \frac{G}{2} t^2. \tag{6}$$

§ 5.

Gleichförmig verzögerte Bewegung. Ist die Geschwindigkeitskurve nicht, wie in Fig. 119, eine Gerade, die sich von der Linie OX ent-

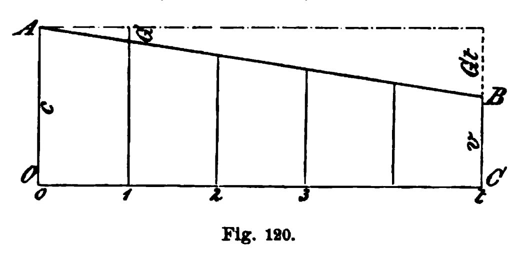


Fig. 120.

fernt, sondern eine solche, die sich derselben nähert, wie in Fig. 120, so bedeutet jetzt $v—c$ die Abnahme der Geschwindigkeit während der Zeit t, d. i. eine negative Gröfse. Die Abnahme auf eine Sekunde ist wie oben $(v—c):t$, und sei als eine negative Gröfse mit $-G$ bezeichnet und *Verzögerung* genannt. Die Geschwindigkeit zur Zeit t ist offenbar

$$v = c - Gt. \tag{7}$$

Die gesamte Weglänge s ist auch hier dem Inhalte der Figur $OABC$ gleich oder

$$s = \frac{v + c}{2} t. \tag{8}$$

Oder für v den Wert aus (7) gesetzt

$$s = ct - \frac{G}{2} t^2. \tag{8}$$

§ 6.

Fallgesetze. Ein frei im luftleeren Raume fallender Körper bewegt sich nach den Beobachtungen der Physiker gleichförmig beschleunigt.

Die Beschleunigung ist dabei an demselben Orte für alle Körper gleich, sie wird mit g bezeichnet und beträgt für unsere Breiten 9,81 m. Beim Fallen hinreichend schwerer Körper in der Luft kann man den Einflufs des Luftwiderstandes vernachlässigen.

Wir können daher das Fallen von Steinen, Metallkugeln u. s. w., die nicht gar zu klein sind, durch Rechnung verfolgen. Die Zeit t wollen wir dabei von dem Augenblicke an zählen, in dem der betreffende Körper losgelassen wird. Die Anfangsgeschwindigkeit c wäre dann gleich Null. Die verflossene Zeit werde mit t, der durchlaufene Weg, die *Fallhöhe*, mit h bezeichnet, dann hat man nach (4) § 4 die zur Zeit t erlangte Geschwindigkeit

$$v = gt = 9{,}81\ t \text{ Meter} \tag{11}$$

und den zurückgelegten Weg nach (6) § 4

$$h = \frac{g}{2} t^2 = 4{,}91\ t^2 \text{ Meter.} \tag{12}$$

Aus diesen beiden Gleichungen lassen sich v und h berechnen, wenn t gegeben ist. Wäre v gegeben, so folgt aus (11)

$$t = \frac{v}{g} = 0{,}102\ v \text{ Sekunden,} \tag{13}$$

und setzt man diesen Wert in (12) ein, so folgt

$$h = \frac{v^2}{2g} = 0{,}051\ v^2 \text{ Meter.} \tag{14}$$

Es kann auch h gegeben sein, dann ergibt (12)

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0{,}452\sqrt{h} \text{ Sekunden} \tag{15}$$

und (14)

$$v = \sqrt{2gh} = 4{,}429\sqrt{h} \text{ Meter.} \tag{16}$$

Beispiele. a) Vom Rande eines Brunnens läfst man einen Stein fallen und beobachtet die Zeit bis zum Aufschlagen. Wie tief ist der Brunnen, und mit welcher Geschwindigkeit kommt der Stein unten an, wenn die beobachtete Zeit beziehentlich 1, 2, 3, 4, 5 Sekunden beträgt? Die Werte ergeben sich aus (12) und (11) zu

Zeit in Sekunden	1	2	3	4	5
Brunnentiefe in m	4,91	19,6	44,2	78,6	122,8
Geschwindigkeit in m	9,81	19,6	29,4	39,2	49,0

b) Welche Höhe mufs ein Körper durchfallen, um eine Endgeschwindigkeit von 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 1,0 m zu erreichen, und wie viel Zeit gebraucht er dazu? — Die gesuchten Werte ergeben sich aus (14) und (13) wie folgt:

Geschwindigkeit in m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
Fallhöhe in mm	0,51	2,04	4,59	8,16	12,7	51,0
Zeit in Sekunden	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,10

§ 7.

Aufsteigende Bewegung. Wird ein Körper mit einer Anfangsgeschwindigkeit c lotrecht aufwärts geworfen, so verliert er in jeder Sekunde vermöge der Einwirkung der Schwerkraft den Betrag der Fallbeschleunigung g an Geschwindigkeit. Die Bewegung ist eine gleichförmig verzögerte, und nach t Sekunden ist die Geschwindigkeit $v = c - gt$. Der Körper wird nun so lange steigen, bis v den Wert 0 erreicht oder $0 = c - gt$, woraus folgt $t = c : g$. Die Länge des dabei zurückgelegten Weges oder die Steighöhe h findet man nach (9) § 5, indem man für t den eben erhaltenen Wert setzt, zu

$$h = ct - \frac{g}{2} t^2 = \frac{c^2}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{c^2}{g^2} = \frac{c^2}{2g}.$$

$c^2 : 2g$ oder h heifst die *Geschwindigkeitshöhe* zu c. Wenn der gestiegene Körper frei wieder herunterfällt, so läfst sich leicht zeigen, dafs in demselben Punkte seiner Bahn seine Geschwindigkeit auch die beim Aufsteigen dort vorhandene Gröfse erreicht.

§ 8.

Mechanische Arbeit. Man betrachte ein Pferd, Fig. 121*a*, welches auf horizontaler Strafse einen Wagen zieht. Das Pferd übt auf den Wagen eine *Kraft* aus und leistet eine *mechanische Arbeit.*

Um zunächst über die *Gröfse* der Kraft eine genauere Vorstellung zu bilden, denken wir das Pferd ausgespannt und statt dessen ein Seil an den Wagen befestigt, welches über eine sehr leicht gehende Rolle gelegt und mit einem Gewicht belastet wird, das in einen tiefen Brunnen hinabsinken kann (Fig. 121*c*). Durch das Gewicht soll nun der Wagen genau ebenso fortgezogen werden, wie vorhin durch das Pferd. Dann gibt uns das Gewicht ein Mafs für die vom Pferde ausgeübte *Zugkraft.* Allerdings hat ersteres noch einige andere Arbeiten zu verrichten, die nicht beabsichtigt sind; es mufs nämlich das Seil krümmen und die Rolle drehen. Wir wollen annehmen, das Gewicht betrage 76 kg und davon sei ein kg nötig zur Überwindung der Nebenwiderstände. Dann ist das die Zugkraft des Pferdes ersetzende Gewicht gleich 75 kg. Wir sagen dementsprechend, das Pferd ziehe mit einer *Kraft* von 75 kg. Die Gröfse jeder beliebigen anderen Kraft kann in gleicher Weise in kg ausgedrückt werden, und so mifst man im praktischen Leben gewöhnlich die Kräfte durch Vergleichung derselben mit Gewichten.

Die Kraft, welche das Pferd auf den Wagen ausübt, ist, bei der vorausgesetzten Gleichförmigkeit der Bewegung desselben, genau bestimmt durch die Gröfse des Widerstandes, den der Wagen seiner Fortbewegung entgegensetzt. Wir können uns demnach die Wirkung des Wagens auf das Pferd durch ein zu hebendes Gewicht nach Fig. 121*b* ersetzen. Das

Pferd hebt nun allerdings nicht blofs das Gewicht, sondern mufs auch die Rolle drehen und das Seil krümmen. Wir wollen, wie vorhin, annehmen, dafs die dazu nötige Kraft 1 kg beträgt, dann würde das vom Pferde *wirklich* gehobene Gewicht nur 74 kg betragen können, da die Zugkraft des Pferdes 75 kg ausmacht.

Wenn nun das Pferd das Gewicht von 74 kg emporzieht, so ist der Wert der dadurch geleisteten *Arbeit* leicht in Zahlen auszudrücken. Als Einheit wird das *Kilogrammmeter* angenommen, oder die Arbeit, welche durch Hebung von 1 kg um 1 m geleistet wird. Hebt das Pferd hier

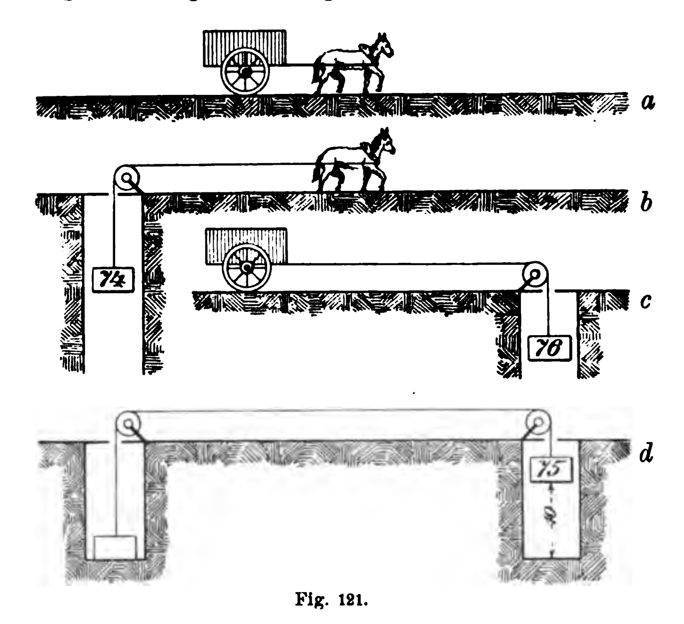


Fig. 121.

74 Kilogramm um 1 m, so leistet es offenbar die Einheit der Arbeit 74 mal, also 74 Kilogrammmeter, oder kürzer 74 kgm. Werden diese 74 kg nicht auf 1 m, sondern auf h Meter Höhe gehoben, so wird die ebengenannte Leistung h mal gemacht. Demnach beträgt dann die Leistung 74 h Kilogrammmeter und, mit Rücksicht auf die 1 kg entsprechende Überwindung der Nebenwiderstände, die Gesamtarbeit des Pferdes 75 h kgm.

Die durch Hebung von Gewichten geleistete Arbeit wird ausgedrückt durch das Produkt aus dem gehobenen Gewicht und der Höhe, um die es gehoben wurde.

Wird die Kraft des Pferdes, oder irgend eine andere, *in Kilogrammen ausgedrückt* und mit der *Länge des Weges*, den ihr Angriffs-

punkt in der Richtung der Kraft zurückgelegt, *multipliziert*, so erhält man die von *der Kraft geleistete Arbeit in kgm*.

Bei Angabe bestimmter Arbeitsleistungen pflegt man die Zeit anzugeben, in der sie ausgeführt werden. Die Leistung von 1 kgm in einer Sekunde nennt man ein *Sekundenkilogrammmeter*, oder, abgekürzt geschrieben, skgm, und benutzt sie als Einheit. Entspricht z. B. die Leistung eines arbeitenden Mannes in jeder Sekunde der Hebung von 2 kg um 4 m, so leistet er $2 \times 4 = 8$ kgm in der Sekunde oder 8 skgm. Als Einheit für grofse Arbeitsleistungen gebraucht man die *Pferdekraft*, die einer Leistung von 75 skgm entspricht.

§ 9.

Energie. In Fig. 121*c* wurde die Kraft des Pferdes durch ein ziehendes Gewicht ersetzt, und in Fig. 121*b* der Widerstand des Wagens. Jetzt möge nach Fig. 121*d* beides geschehen. Man hat dann ein steigendes und ein fallendes Gewicht, die durch einen Faden verknüpft und von gleicher Gröfse sind, wenn man absolut vollkommene Einrichtungen und damit die Nebenwiderstände als verschwindend klein annimmt. Insofern das steigende Gewicht von dem sinkenden gehoben wird, sagt man, dieses leiste eine Arbeit; insofern es imstande ist, eine mechanische Arbeit zu leisten, sagt man, es habe *Energie* oder das Vermögen zu Arbeitsleistungen. Beträgt das niedersinkende Gewicht 75 kg und die Höhe, um die es fallen kann, 10 m, so kann es das andere, dessen Gewicht ebenso grofs ist, um 10 m heben. Sein Vorrat an Energie wird also durch $75 \times 10 = 750$ kgm gemessen. Ist das Gewicht um 5 m gesunken, so ist die Hälfte seiner Energie verbraucht, dagegen hat das gehobene Gewicht um ebensoviel an Energie gewonnen, weil es jetzt die 5 m, um die es gehoben ist, wieder durchfallen und dabei, vollkommene Einrichtungen vorausgesetzt, ein ihm gleiches Gewicht um 5 m heben kann. Man wird daraus erkennen, dafs die *Gesamtenergie des Systems* der beiden Gewichte *nicht* abnimmt, denn was eines verliert, gewinnt das andere.

§ 10.

Erhaltung der Energie. Die Physiker behaupten dasselbe von der Welt als Ganzes betrachtet, indem sie sagen: *der Gesamtvorrat an Arbeitsvermögen oder die Energie im Weltganzen ist von unveränderlicher Gröfse.* Was *ein* Körper an Energie, d. i. Arbeitsvermögen, verliert, ist nur an andere übergegangen.

§ 11.

Formen der Energie. Wenn man das vorhin betrachtete Gewicht von 75 kg nicht durch ein Seil mit einem andern verknüpft, sondern frei

fallen läfst, so wird es auch diejenige Energie, die es vermöge seiner Lage über dem Boden besafs, verlieren, und es fragt sich nun, wo sie geblieben ist. Man bemerkt am fallenden Gewicht eine Veränderung, nämlich den Übergang aus der Ruhe zu der Bewegung mit wachsender Geschwindigkeit. Nun wurde in § 7 gezeigt, dafs ein schwerer Körper, wenn er mit einer Geschwindigkeit v lotrecht nach oben geworfen wird, eine Höhe gleich $\frac{v^2}{2g}$ erreicht, bis er zur Ruhe kommt. Vermöge seiner Geschwindigkeit vermag also ein Körper durch Hebung seines Gewichtes eine Arbeit zu verrichten, die für ein Gewicht P mit einer Geschwindigkeit v gleich ist $P\frac{v^2}{2g}$ kgm. Demnach enthält ein in Bewegung befindlicher Körper stets einen Energievorrat, welcher *Energie der Bewegung* oder *kinetische Energie* genannt wird, während die aus der Stellung des Körpers zu andern hervorgehende Energie des § 9 *Energie der Lage* oder *potentielle Energie* genannt wird.

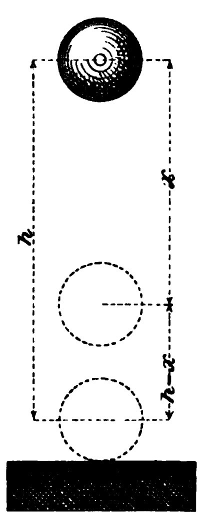


Fig. 122.

Folgende Betrachtung zeigt beide Arten der Energie in sehr lehrreicher Weise. Es werde eine aus vollkommen elastischem Stoffe bestehende Kugel h Meter über einer vollkommen harten Platte (Fig. 122) losgelassen. Beim Beginn der Bewegung hat das kugelförmige Gewicht P einen Energievorrat Ph, weil es die Höhe h durchfallen kann. Ist von h bereits eine Strecke x durchfallen, so beträgt seine Energie der Lage nur noch $P(h-x)$. Dafür hat P aber nach § 6 (16) eine Geschwindigkeit v gleich $\sqrt{2gx}$ erlangt. Vermöge einer solchen Geschwindigkeit v kann nach § 7 das Gewicht um $\frac{v^2}{2g}$ Meter steigen, was, wenn man für v obigen Wert setzt, x ergibt. Die Energie der Bewegung ist also gleich Px, die noch vorhandene Energie der Lage ist $P(h-x)$, mithin sind beide zusammen $P(h-x)+Px=Ph$. Die *Gesamtenergie* bleibt also während des Fallens *unverändert*. Trifft nun die Kugel auf die Platte, so wird sie eine veränderte Form annehmen und einen Augenblick zur Ruhe kommen. Ist die Kugel aber, wie angenommen, vollkommen elastisch, so wird sie ihre frühere Gestalt in kurzer Zeit wieder gewinnen und mit derselben Geschwindigkeit von der Platte abfliegen, mit der sie auftraf, die frühere Höhe erreichen und das beschriebene Spiel ins Unendliche wiederholen. Die Gesamtenergie bleibt bei jeder Lage des Gewichts dieselbe.

Wie verhält sich aber die Sache, wenn die Kugel unelastisch ist und beim Auftreffen auf die Platte liegen bleibt? Dann scheint jede Spur von Energie verloren. Indessen wird man bei näherer Untersuchung finden, dafs die Kugel wärmer geworden ist. Nun ist aber bekannt, wie durch das in der Wärme steckende Arbeitsvermögen vermittelst der sogenannten Dampfmaschinen, die eigentlich Wärmemaschinen heifsen sollten, weil die Wärme ihre eigentliche Triebkraft, der Dampf aber nur ein Vermittler ist, die gröfsten mechanischen Arbeiten geleistet werden. Die Wärme ist also eine besondere Form der Energie, und wenn in unserm Beispiele durch das Fallen der Kugel Wärme erzeugt wurde, so ist die Energie nicht verloren, sondern hat nur die Wärmeform angenommen. Es ist bis jetzt keine Erfahrung bekannt, die dem Gesetz von der Erhaltung der Energie widerspricht, sodafs es als ein allgemein gültiges Naturgesetz angenommen werden kann. Durch sorgfältige Versuche hat man gefunden, dafs 425 kgm Arbeit der Erzeugung einer Wärmeeinheit entsprechen, nämlich derjenigen Wärmemenge, die nötig ist, um 1 kg Wasser von Null Grad um einen Grad Celsius zu erwärmen.

§ 12.

Energie des fallenden Wassers. Bei dem in Fig. 123 dargestellten Wasserlaufe möge das Wasser oben mit einer gewissen Geschwindigkeit ankommen, um eine Höhe h herabstürzen und mit der früheren Geschwindigkeit weiter fliefsen. Es hat dann das ankommende Wasser ebensoviel kinetische Energie, wie das abfliefsende, aber an Energie der Lage hat jedes kg des letzteren wegen seines Fallens um h Meter einen Verlust von ebensoviel kgm erlitten, was durch eine Erwärmung des Wassers um $h : 425$ Grad C. ausgeglichen ist (§ 11). Es ist zu berechnen, wie viel der Wasserfall zum Betriebe einer Mühle leisten könnte. Aus § 9 folgt, dafs ein um die Höhe h fallendes kg bei einer absolut vollkommenen Einrichtung ein anderes kg um ebensoviel heben, also h kgm leisten kann. Bringt nun der Wasserlauf in der Sekunde l Liter Wasser, von denen jedes ein kg wiegt, so wird die Wasserkraft bei vollkommener Ausnutzung lh skgm leisten. Es sei z. B. die in der Sekunde zufliefsende Wassermenge 120 Liter und das Gefälle oder der lotrechte Abstand des Oberwasserspiegels vom Spiegel des Unterwassers gleich 10 m. Da nun jedes Liter Wasser 1 kg wiegt, so verliert es beim Durchfallen von 10 m Höhe 10 kgm an Energie der Lage, mit denen ebensoviel Arbeit geleistet werden kann. 120 l ergeben aber $120 \times 10 = 1200$ kgm. Da 75 skgm eine Pferdekraft bedeuten, so hätte man also $1200 : 75 = 16$ Pferdekräfte verfügbar. Wegen der Unvollkommenheiten jeder Maschine



Fig. 123.

kann man aber diese im Wassersturz vorhandene Arbeitskraft niemals voll zu den beabsichtigten Zwecken, z. B. zum Betriebe einer Mühle, verwenden. Bei Turbinen und Wasserrädern ist man meist froh, wenn nicht mehr als 25 % zur Überwindung der Nebenhindernisse verbraucht werden. Es würden dann 75 % oder $0{,}75 \times 16 = 12$ Pferdekräfte nutzbar zu machen sein. Das in Prozenten ausgedrückte Verhältnis, 75 : 100, der nutzbar gemachten zur vorhandenen Energie heifst *Wirkungsgrad* der Anlage.

§ 13.

Arbeit zum Heben von Wasser. Häufig ist die Frage zu beantworten, wie viel es kostet, um eine gewisse Wassermenge, z. B. zum Bewässern von Grundstücken, aus einem vorbeifliefsenden Flusse zu heben. Dann ist zuerst die Frage nach der dazu nötigen Arbeitskraft zu beantworten. Es seien z. B. 50 l in der Sekunde um 3 m zu heben. Da das Liter ein kg wiegt, so gewinnen 50 l, wenn man sie um 3 m hebt, $50 \times 3 = 150$ kgm Energie. Ebensoviel Arbeitsaufwand ist mindestens nötig und wegen der Nebenwiderstände in der Regel 20 % mehr. Man würde also auf die Sekunde 180 kgm oder $180 : 75 = 2{,}4$ Pferdekräfte gebrauchen.

Wird eine Dampfmaschine zum Heben des Wassers verwendet, so kostet bei günstigen Verhältnissen und sehr grofsen Anlagen die Hebung von 1 cbm Wasser auf das Meter Höhe 0,05 Pfennig, bei kleinen Anlagen 0,20 bis 0,30 Pfennig.

Kapitel II.

Vom Gleichgewicht fester Körper.

§ 14.

Darstellung von Kräften durch gerade Linien. Denkt man sich (Fig. 124), den ein Gewicht G tragenden Faden unendlich dünn, so kann man die Kraft, mit der er das Fallen des Gewichtes verhindert, durch eine gerade Strecke AB darstellen. An ihr sind die drei Bestimmungsstücke der Kraft: *Angriffspunkt, Richtung* und *Gröfse* beziehentlich ausgedrückt durch den Punkt A, die Pfeilspitze bei B und die Länge AB, welche die Längeneinheit (etwa mm) eben so oft enthält, als die Kraft die Krafteinheit (etwa kg).

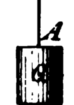


Fig. 124.

§ 15.

Voraussetzungen über die Beschaffenheit der Körper. Jedem unter der Einwirkung von Kräften stehenden Körper werden einstweilen die folgenden in der Wirklichkeit nur annähernd vorkommenden Eigenschaften beigelegt:

1. Der Körper sei so absolut fest und starr, dafs die einwirkenden Kräfte seine Gestalt nicht verändern.

2. Der Körper sei im Zustande der Ruhe, schwebe frei im Raume (etwa wie ein Himmelskörper) und werde nur von den jedesmal angegebenen Kräften beeinflufst.

3. Jede der vorhandenen Kräfte würde, für sich allein angebracht, den Körper bewegen. Alle zusammen sollen jedoch so gegeneinander wirken, dafs der Körper in Ruhe bleibt, oder die Kräfte einander das Gleichgewicht halten.

4. Alle vorkommenden Angriffspunkte von Kräften sind entweder Punkte des Körpers selbst oder vollkommen fest und starr mit demselben verbunden.

§ 16.

Als selbstverständlich gelten folgende Grundsätze:

1. Man kann ohne etwas im Zustande eines Körpers zu ändern, Kräfte, die einander das Gleichgewicht halten, anbringen oder fortlassen.

2. Zwei Kräfte, die denselben Angriffspunkt haben, können nur dann im Gleichgewicht sein, wenn sie gleich grofs und entgegengesetzt gerichtet sind.

3. Das Gleichgewicht wird nicht gestört, wenn man den Körper mit andern ruhenden Körpern verbindet oder an denselben befestigt.

§ 17.

Kräfte an einem Punkte wirkend. In Fig. 125 mögen fünf Kräfte P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 am materiell gedachten Punkte A angreifen. Um die Wirkung zu erkennen, welche bei gleichzeitigem Wirken der Kräfte eintritt, lassen wir sie in Gedanken nacheinander in Tätigkeit treten. Zuerst wirke allein P_1 auf A. Diese Kraft bewege in t Sekunden den Punkt von A nach B ($AB = P_1$). In B werde der Punkt A beruhigt und nun während der gleichen Zeit t ausschliefslich der Wirkung einer Kraft BC ausgesetzt, die an Gröfse und Richtung gleich ist der Kraft P_2. Der Punkt macht dann den der Gröfse der Kraft entsprechenden Weg $BC = P_2$. Er werde in C beruhigt und nun für t Sekunden allein der Wirkung einer Kraft CD, die an Gröfse und Richtung gleich P_3 ist, unterworfen u. s. f. Wir wollen annehmen, dafs die zuletzt anzubringende Kraft EA gleich P_5 den Punkt nach dem Ausgangspunkte A zurückbringt. Dann ist ersichtlich, dafs die Rückkehr des Punktes A nach seinem Ausgangspunkte auch eintreten wird, wenn man die ganze Betrachtung für eine beliebig kleinere Zeit $t:u$ wiederholt, denn das dann entstehende Polygon wird $ABCDEA$ ähnlich. Hieraus ist weiter zu schliefsen, dafs auch, wenn t eine unendlich kleine Zeit bedeutet, der Punkt nach A zurückkehren wird und bei gleichzeitigem Wirken der Kräfte ganz in Ruhe bleibt. Denkt man sich die Betrachtung für beliebig viele Kräfte wiederholt, so folgt allgemein:

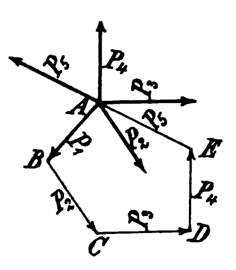


Fig. 125.

> *Beliebig viele an demselben Punkte angreifende Kräfte halten einander Gleichgewicht, wenn sie, nach Richtung und Gröfse fortlaufend zusammengesetzt, ein geschlossenes Polygon, das sogenannte **Kräfte-Polygon**, ergeben.*

Ist das Kräfte-Polygon nicht geschlossen, so wird das Gleichgewicht nur eintreten, wenn man zu den vorhandenen noch eine das Polygon schliefsende Kraft hinzufügt.

Von jeder einzelnen Kraft, z. B. P_1, läfst sich sagen, dafs ihre Wirkung durch das Zusammenwirken der übrigen aufgehoben wird. Diese wirken also genau so wie eine einzige Kraft $-P_1$, welche P_1 an Gröfse gleich und an Richtung entgegengesetzt ist.

Diejenige Kraft, welche dieselbe Wirkung hervorbringt, wie mehrere einzelne Kräfte zusammen, und diese deshalb ersetzen kann, heiſst ihre *Resultante* oder *Mittelkraft*. Das Verfahren, mehrere Kräfte durch *eine* zu ersetzen, heiſst Kräfte *zusammensetzen*. Ersetzt man umgekehrt eine Kraft durch mehrere Kräfte, so heiſsen diese *Komponenten* oder *Seitenkräfte* derselben.

§ 18.

Konstruktion der Mittelkraft. Halten sich die an einem Punkte wirkenden Kräfte nicht das Gleichgewicht, so setze man sie der Gröſse und Richtung nach zu einem Linienzuge zusammen. Die Linie, welche den letzten Punkt desselben mit dem Angriffspunkt der Kräfte verbindet, gibt Gröſse und Richtung der Kraft, deren Anbringung das Gleichgewicht herstellt. Die ihr an Gröſse gleiche, an Richtung entgegengesetzte Kraft ist also die *Resultierende* oder *Mittelkraft* der übrigen Kräfte.

Als besonderer Fall ist derjenige zu beachten, bei dem alle Kräfte in einer Geraden wirken. Man bildet dann die sogenannte *algebraische Summe* der Kräfte, bei der die nach der einen Richtung wirkenden durch positive und die entgegengesetzt wirkenden durch negative Zahlen ausgedrückt werden. Diese Summe ergibt den Wert der Mittelkraft. Ist er Null, so sind die Kräfte im Gleichgewicht.

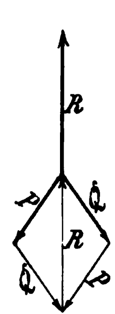


Fig. 126.

§ 19.

Parallelogramm der Kräfte. Sind nur drei Kräfte P, Q, R (Fig. 126) vorhanden, so wird aus dem Kräftepolygon ein *Dreieck* der Kräfte. Konstruiert man es einmal mit P, ein zweites Mal mit Q anfangend, so erscheint R als Diagonale des aus P und Q konstruierten sogenannten *Parallelogramms der Kräfte* und man kann das über die Mittelkraft Gesagte auch so ausdrücken: *Die Mittelkraft zweier an einem Punkte wirkenden Kräfte wird dargestellt durch die Diagonale des aus ihnen konstruierten Parallelogramms.*

Da die Linien, welche die Kräfte P, Q und ihre Resultierende R darstellen, ein Dreieck bilden, so gelten die Gleichungen, welche zwischen den Seiten und den Winkeln eines Dreiecks bestehen, auch für die Kräfte und die von denselben gebildeten Winkel.

§ 20.

Verlegung des Angriffspunktes einer Kraft. Fig. 127. Es wirke in A eine Kraft P, und B sei ein mit A starr verbundener Punkt in der Verlängerung von P. In B bringen wir zwei an Richtung entgegen-

gesetzte Kräfte P_1 und P_2 in der Linie AB an, die an Gröfse P gleich sind. Dadurch wird nichts geändert (§ 16). Die Wirkungen von P und P_2 heben sich auf. Man kann diese beiden Kräfte also fortlassen, ohne etwas zu ändern. Es bleibt dann eine Kraft $P_1 = P$ übrig, welche P ersetzt. *Ohne etwas zu ändern, kann man den Angriffspunkt einer Kraft nach einem beliebigen Punkte ihrer Richtungslinie verlegen.*

§ 21.

Mittelkraft zweier gleichgerichteter Kräfte. P und Q (Fig. 128) seien parallele Kräfte von gleicher Richtung, A und B ihre Angriffspunkte. Man bringe an A und B zwei gleiche in die Linie AB fallende Hilfskräfte H und $-H$ an. Dadurch wird nichts geändert (§ 16). $-H$ und P, ebenso H und Q mögen (§ 19) durch ihre Mittelkräfte S und T ersetzt werden. Die Angriffspunkte letzterer verlege man (§ 20) nach

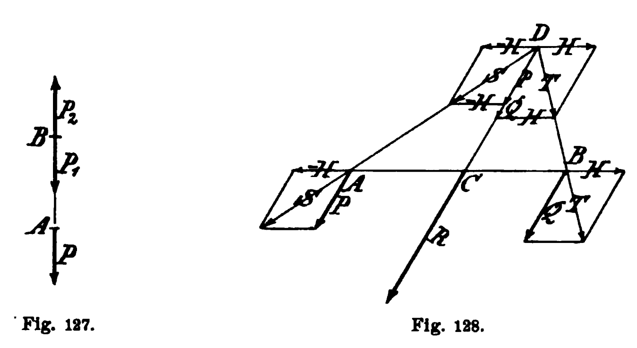


Fig. 127. Fig. 128.

dem Durchschnittspunkte D ihrer Richtungen und zerlege sie wieder in die Seitenkräfte, aus denen sie entstanden sind. H und $-H$ in D kann man, ohne etwas zu ändern, fortlassen (§ 16), dann bleiben nur P und Q übrig. Diese ersetze man durch eine Mittelkraft $P + Q = R$ und verlege deren Angriffspunkt nach C in AB. Es verhält sich

$$P : H = DC : AC$$
$$H : Q = BC : DC.$$

Die Multiplikation der Gleichungen ergibt, dafs

$$P : Q = BC : AC.$$

Die Mittelkraft zweier paralleler Kräfte ist ihnen parallel, ihrer Summe gleich, und teilt die Verbindungslinie ihrer Angriffspunkte im umgekehrten Verhältnis der Kräfte.

§ 22.

In Fig. 129 seien P_1, P_2, P_3 drei parallele Kräfte, in einer Ebene wirkend, die sich das Gleichgewicht halten. Von einem beliebigen Punkt O

der Ebene ziehe man eine Gerade senkrecht zu den Kräften und verlege die Angriffspunkte der drei Kräfte nach den drei Durchschnittspunkten mit der Geraden A_1, A_2, A_3.

Die Strecken OA_1, OA_2, OA_3 seien mit p_1, p_2, p_3 bezeichnet.

Die Kräfte sind nach § 21 im Gleichgewicht, wenn

(1) $$P_1 + P_2 = P_3 \text{ und}$$

(2) $$P_1 : P_2 = A_2A_3 : A_1A_3 \text{ oder}$$

$$P_1(p_3 - p_1) = P_2(p_2 - p_3) \text{ oder}$$

$$P_1p_1 + P_2p_2 = (P_1 + P_2)p_3 \text{ oder}$$

(3) $$P_1p_1 + P_2p_2 - P_3p_3 = 0.$$

Das Produkt Pp einer Kraft P in die von einem Punkte O auf sie gefällte Senkrechte p, *Hebelarm* genannt, heifst ihr *Moment* in Beziehung auf den Punkt O. Denkt man sich im Punkte O die Ebene an einer zur Ebene senkrechten Drehachse befestigt, so haben die Kräfte P_1, P_2, P_3 jede für sich ein Bestreben, die Ebene um diese Achse zu drehen. Man gibt nun den Momenten das Vorzeichen + oder —, je nachdem sie die Ebene in einem Sinne (z. B. rechts herum, wie der Uhrzeiger läuft) zu bewegen streben, oder in entgegengesetztem. Dann gilt der Satz:

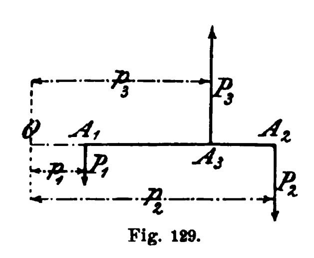


Fig. 129.

Drei Kräfte halten einander das Gleichgewicht, wenn ihre algebraische Summe und diejenige ihrer Momente in Beziehung auf einen beliebigen Punkt ihrer Ebene Null sind. (Gleichung (3).)

Da jede dieser Kräfte als entgegengesetzte Mittelkraft der beiden andern betrachtet werden kann, z. B. $-P_2$ als Mittelkraft von P_1 und P_3, so hat man

(4) $$-P_2 = P_1 - P_3 \text{ und aus (3)}$$

(5) $$-P_2p_2 = P_1p_1 - P_3p_3 \text{ oder } p_2 = \frac{P_1p_1 - P_3p_3}{-P_2}, \quad (6)$$

d. h. *die Mittelkraft zweier parallelen Kräfte ist gleich ihrer algebraischen Summe und ihr Moment in Beziehung auf irgend einen Punkt der Ebene ist gleich der algebraischen Summe der Momente der Seitenkräfte.*

§ 23.

Kräftepaare. Es sei (Fig. 129) in § 22 die Kraft $P_1 = P_3$. Nach der eben entwickelten Regel findet man dann ihre Mittelkraft $P_1 - P_3 = 0$ und deren Hebelarm aus der Gleichung (6)

$$p_2 = \frac{P_1p_1 - P_3p_3}{0} = \infty.$$

Man kann also zwei gleiche, parallele und entgegengesetzt gerichtete Kräfte nicht durch eine Mittelkraft ersetzen. Man betrachtet sie deshalb als ein Element der Mechanik und nennt sie zusammen ein *Kräfte-* oder *Drehungspaar*. Ihr senkrechter Abstand heifst der *Hebelarm* des Paares und das Produkt aus einer der beiden Kräfte und dem Hebelarm heifst *Moment des Paares*.

§ 24.

Ein Kräftepaar kann ohne Änderung seiner Wirkung parallel zu sich selbst verlegt werden. In Fig. 130 seien P und Q die in A und B angreifenden gleichen Kräfte eines Kräftepaares. — Man ziehe aufserhalb der Ebene des Paares eine Linie CD gleich und parallel AB. An C und D bringe man Kräfte R, S, T, U parallel und gleich P und Q an, die sich gegenseitig aufheben. Ziehe AD und BC. Diese Linien sind die Diagonalen des Parallelogramms $ABCD$ und durchschneiden sich in ihren Mitten E. Man setze $R + Q$, ferner $U + P$ zusammen.

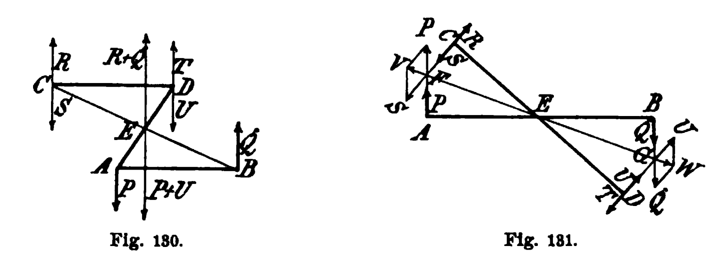


Fig. 130. Fig. 131.

Nach § 21 gehen ihre Mittelkräfte durch E und heben einander als gleiche und entgegengesetzte Kräfte auf, können mithin, ohne etwas zu ändern, fortgelassen werden. Dann bleiben nur die Kräfte S und T übrig. Diese bilden ein Kräftepaar, welches das ursprüngliche der Behauptung entsprechend ersetzt.

Da man das parallel zu sich selbst versetzte Kräftepaar ST auf gleiche Art in die Ebene des ursprünglichen Paares zurückversetzen kann, so gilt die ausgesprochene Behauptung ohne jede Einschränkung.

§ 25.

Ein Kräftepaar kann ohne Änderung seiner Wirkung um die Mitte seines Hebelarmes gedreht werden. In Fig. 131 seien P und Q die Kräfte des Paares und AB sein Hebelarm. Durch die Mitte E von AB ziehe man eine beliebige Gerade und mache darauf

$$EC = ED = EA = EB.$$

An den Punkten C und D bringe man Kräfte R, S, T, U senkrecht zu CD an, welche gleich P und Q sind und sich gegenseitig aufheben, ver-

längere S und P, ebenso Q und U bis zu ihren Schnittpunkten F bezw. G, verlege die Angriffspunkte der Kräfte nach den genannten Schnittpunkten und ersetze S und P, ebenso U und Q durch ihre Mittelkräfte V und W. Diese sind gleich, liegen beide in der Geraden F, E, G und sind einander entgegengesetzt gerichtet. Man kann sie deshalb fortlassen. Es bleibt dann nur das Kräftepaar R, T an CD übrig, das auch entsteht, wenn man das Paar P, Q um die Mitte seines Hebelarms dreht.

§ 26.

Man kann den Hebelarm eines Kräftepaares ohne Änderung seiner Wirkung verlängern oder verkürzen, wenn nur das Moment und der Sinn der Drehung unverändert bleiben. Es seien in Fig. 132 P und Q die Kräfte und $AB = p$ der Hebelarm eines Paares. Man verlängere AB bis C und setze $AC = x$. In C bringe man zwei gleiche entgegengesetzte Kräfte X und Y an, wodurch nichts geändert wird. Man denke P in zwei Teile zerlegt, von denen der eine gleich X oder Y ist. Dann ist der Rest $= P - Y$. Man bestimme die Gröfse von Y so, dafs sich verhält

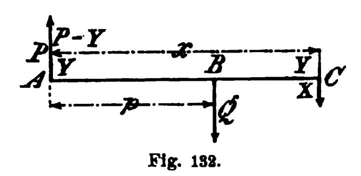


Fig. 132.

$$(P - Y) : Y = (x - p) : p.$$

Setzt man dann Y in C und $P - Y$ in A zu einer Mittelkraft zusammen, so ist dieselbe gleich ihrer Summe, also gleich P, mithin auch gleich Q, und ihr Angriffspunkt liegt wegen der letzten Gleichung (§ 21) in B. Demnach kann man die sich gegenseitig aufhebenden Kräfte $P - Y$ in A, Y in C und Q in B fortlassen. Es bleibt dann das Kräftepaar X, Y am Hebelarm x übrig. Aus der vorstehenden Proportion folgt

$$Pp - Yp = Yx - Yp \text{ oder } Pp = Yx.$$

Das ursprüngliche Paar ist also ersetzt durch ein anderes mit gleichem Momente und mit gleichem Sinne der Drehung.

§ 27.

Wesentliche Bestandteile eines Kräftepaares. Nach § 24 kann man ein Kräftepaar beliebig parallel zu sich selbst verlegen, nach § 25 um die Mitte seines Hebelarmes drehen und nach § 26 letzteren verlängern oder verkürzen, wenn nur das Moment ungeändert bleibt und der Sinn der Drehung. Demnach ist an einem Kräftepaar wesentlich nur die *Lage seiner Ebene*, der *Sinn der Drehung* und *die Gröfse seines Moments*.

§ 28.

Versetzung des Angriffspunktes einer Kraft (Fig. 133). Ist P eine in A angreifende Kraft und B ein beliebiger Punkt im Raume, so

kann man an B, ohne etwas zu ändern, zwei zu P parallele und P gleiche, aber einander aufhebende Kräfte P und $-P$ anbringen. Fällt man von B eine Senkrechte BC auf P, so kann man sich die ursprünglich allein vorhandene Kraft P in A ersetzt denken durch eine ihr gleiche Kraft P in B, wenn man noch das Kräftepaar P, $-P$ mit dem Hebelarm BC hinzufügt. Man nennt dies: *Versetzung der Kraft P von A nach B.*

§ 29.

Gleichgewicht paralleler Kräfte im Raume. Es sei P die eine von vielen parallelen Kräften und A ihr Angriffspunkt. Man denke sich ein rechtwinkliges Koordinatensystem (Fig. 134), dessen Z-Achse parallel ist zu P. Die Koordinaten des Angriffspunktes A von P seien $BA = z$, $CB = y$, $OC = x$. In C und O denke man Kräfte P, $-P$; P, $-P$ angebracht, die gleich und parallel zu P sind und sich gegenseitig aufheben. Dadurch wird nichts geändert. Es bilden nun P in A und

Fig. 133.

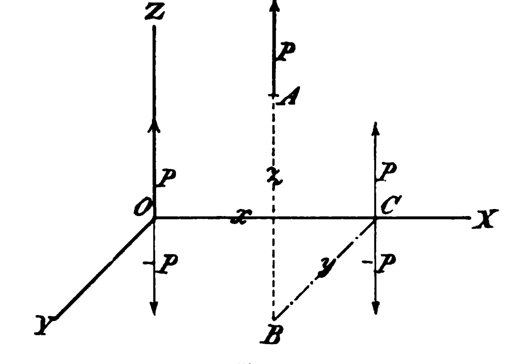


Fig. 134.

$-P$ in C ein Kräftepaar parallel der Ebene YZ mit dem Moment Py und P in C und $-P$ in O ein Paar in der Ebene XZ, dessen Moment gleich Px ist. Das Paar Py verlege man nach § 24 in die YZ-Ebene. Auf diese Weise wird die Kraft P in A ersetzt durch eine ihr gleiche und parallele Kraft P in O und zwei Kräftepaare Px und Py, die beziehentlich in den Ebenen XZ und YZ liegen.

Denkt man die übrigen parallelen Kräfte in gleicher Weise behandelt, so werden dieselben im Gleichgewicht sein, wenn die algebraischen Summen der Kräfte in O und diejenigen der Momente der Paare in den Koordinatenebenen einzeln gleich Null sind oder

$$\Sigma(P) = 0; \qquad \Sigma(Py) = 0; \qquad \Sigma(Px) = 0.$$

Letztere Momente können auch aufgefafst werden als bezogen auf OX und OY als Drehachsen.

§ 30.

Gleichgewicht beliebiger Kräfte im Raume. In Fig. 135 sei P im Punkte A angreifende Kraft; x, y, z seien die rechtwinkligen Koordinaten von A. Man denke P als Diagonale eines Parallelepipedes, dessen Flächen den Koordinatenebenen parallel sind. Die drei in A zusammenstofsenden Kanten betrachte man, als stellten sie drei in A angreifende Kräfte X, Y, Z dar. Setzt man dieselben nach dem Kräftepolygon zusammen, so bilden sie mit $-P$ einen geschlossenen Linienzug $ABCDA$. Nach § 18 ist also P die Mittelkraft von X, Y und Z. Es möge nun die Kraft P durch ihre Seitenkräfte X, Y, Z ersetzt werden. Sind dann α, β, γ die Winkel, welche P mit den Richtungen der Koordinatenachsen oder den Kräften X, Y, Z bildet, so ist

$$X = P\cos\alpha; \qquad Y = P\cos\beta; \qquad Z = P\cos\gamma.$$

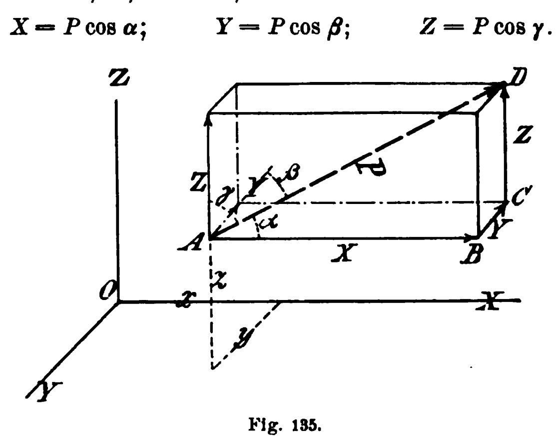


Fig. 135.

Verfährt man in gleicher Weise mit jeder der vorhandenen Kräfte, so erhält man drei Systeme von parallelen Kräften, die einzeln nach § 29 zu behandeln sind. Gleichgewicht findet statt, wenn die algebraische Summe der nach O versetzten Kräfte und diejenigen der Paare in den drei Koordinatenebenen einzeln Null ergeben.

§ 31.

Vom Schwerpunkt. Nach § 21 lassen sich zwei parallele gleichgerichtete Kräfte P_1 und P_2 ersetzen durch eine Mittelkraft $M_2 = P_1 + P_2$, welche die Verbindungslinie der Angriffspunkte in einem Punkte S trifft, der sie im umgekehrten Verhältnis der Kräfte teilt. Denkt man sich P_1 und P_2 um ihre Angriffspunkte beliebig, doch so gedreht, dafs sie parallel bleiben, so wird ihre Mittelkraft M_2 stets durch denselben Punkt S gehen. Sind beliebig viele parallele und gleichgerichtete Kräfte P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 vorhanden, so setze man P_1 und P_2 zu einer Mittelkraft

$M_2 = P_1 + P_2$ zusammen, dann M_2 mit P_3 zu $M_3 = P_3 + M_2 = P_1 + P_2 + P_3$ und M_3 mit P_4 zu M_4 u. s. w., bis man schliefslich aus P_n und M_{n-1} die Resultierende $M_n = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots P_n$ aller Kräfte P_1, P_2 u. s. w. erhält.

Denkt man sich nun alle Kräfte $P_1, P_2, P_3 \ldots P_n$ um ihre Angriffspunkte beliebig, jedoch so gedreht, dafs sie parallel bleiben, so wird auch jede einzelne der Kräfte $M_2, M_3, M_4 \ldots M_n$ stets durch einen unveränderlichen Punkt gehen. Derjenige Punkt, durch den stets die Mittelkraft M_n aller parallelen Kräfte geht, heifst der *Mittelpunkt* der Kräfte, oder wenn diese Schwerkräfte sind, ihr *Schwerpunkt.*

§ 32.

Bestimmung des Schwerpunktes eines Körpers. In Fig. 136 sei ein Körper dargestellt und v ein unendlich kleines Raumteilchen desselben. Es werde ferner angenommen, der Körper habe an allen Stellen dieselbe Dichte a (Gewicht der Volumeinheit), sodafs das Gewicht irgend eines Raumteilchens desselben vom Inhalt v durch va ausgedrückt wird. va ist

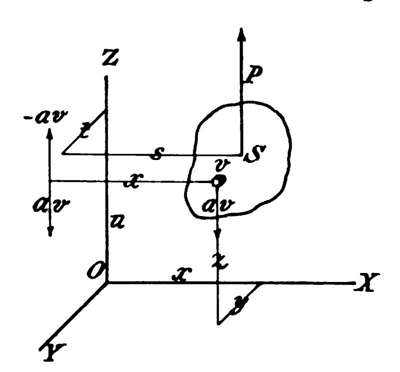


Fig. 136.

dann die in v angreifende Kraft der Schwere: x, y, z seien die Koordinaten ihres Angriffspunktes. Im Schwerpunkt S des Körpers mit den Koordinaten s, t, u denke man sich die der Mittelkraft der Schwerkräfte aller Raumteilchen zusammen entgegenwirkende Kraft P angebracht, so findet Gleichgewicht statt. Es ist P gleich der Summe der Gewichte aller Raumteilchen, aus denen der Körper bestehend gedacht wird, oder, wenn V das Volumen des Körpers bedeutet:

$$P = \Sigma(av) = a\Sigma(v) = aV.$$

Denkt man sich alle wirkenden Kräfte in die Ebene YZ versetzt, so erhält man Kräftepaare parallel zur Ebene XZ. Wegen des vorausgesetzten Gleichgewichtes mufs die algebraische Summe der Momente dieser

Paare Null sein, oder, wenn s den Abstand des Schwerpunktes von der Ebene XY bedeutet:

$$Ps = \Sigma(avx) = a\Sigma(vx),$$

daraus erhält man

$$s = \frac{a\Sigma(vx)}{P} = \frac{a\Sigma(vx)}{a\Sigma(v)} = \frac{\Sigma(vx)}{V}.$$

Der Abstand des Schwerpunktes eines an allen Stellen gleich dichten (homogenen) Körpers von einer Ebene wird erhalten, wenn man jedes unendlich kleine Raumteilchen desselben mit seinem Abstande von der Ebene multipliziert und alle diese Produkte (statische Momente genannt) durch die Summe aller Raumteilchen (oder den Inhalt des ganzen Körpers) dividiert.

Zusatz 1. Besteht der Körper aus Bestandteilen, von denen man die Rauminhalte $V_1, V_2, V_3 \ldots$ und die Abstände ihrer Schwerpunkte s_1, $s_2, s_3 \ldots$ von einer beliebigen Ebene kennt, so findet man den Abstand x des Schwerpunktes des Körpers von der Ebene aus

$$x = \frac{V_1 s_1 + V_2 s_2 + V_3 s_3 + \ldots}{V_1 + V_2 + V_3 + \ldots}.$$

Zusatz 2. Ist die Summe der im Zähler stehenden Momente gleich Null, so ist $x = 0$, oder die Ebene geht durch den Schwerpunkt des Körpers.

Kapitel III.

Elastizität und Festigkeit der Baumaterialien.

§ 33.

Voraussetzungen. Die betrachteten Körper bestehen aus Metall oder Holz und sind, wie Stäbe, Säulen, Wellen oder Achsen, von prismatischer Gestalt. Ihre Abmessungen werden in cm und die einwirkenden Kräfte in kg ausgedrückt. — Alle Einwirkungen von Stützen oder Befestigungen werden durch die von ihnen ausgeübten Kräfte ersetzt gedacht, die dann mit den aufserdem einwirkenden Kräften im Gleichgewicht sind.

§ 34.

Zug- und Druckfestigkeit. Ein Stab (Fig. 137) habe im unbelasteten Zustande die Länge l. Durch in seiner Längenachse wirkende Kräfte P und $-P$ werde l entweder vergröfsert (a) oder verkleinert (b). Dann sagt man im ersten Falle: der Körper widersteht durch seine *absolute* oder seine Festigkeit gegen *Zerreifsen (Zugfestigkeit)*, im zweiten durch seine *einfach rückwirkende* oder *Druckfestigkeit*, oder, wenn der Stab bei gröfserer Länge nicht in sich zusammengedrückt wird, sondern seitlich durch Biegung ausweicht: durch *zusammengesetzt-rückwirkende* oder *Knick-Festigkeit*.

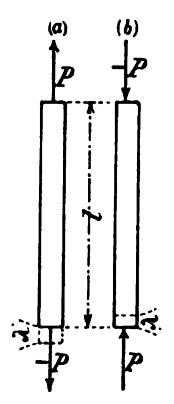


Fig. 137.

Ist der Querschnitt des Stabes *ein* qcm, seine Länge *ein* cm und die Belastung P *ein* kg, so heifst die dadurch bewirkte Längenänderung α *Dehnungs-* oder *Verkürzungskoeffizient* und ihr reziproker Wert $1 : \alpha = \varepsilon$ der *Elastizitätsmodulus* des Materials.

Entfernt man die den Stab beanspruchenden Kräfte, so wird er seine ursprüngliche Länge entweder bis auf eine verschwindend kleine Gröfse wieder annehmen, oder es wird eine Längenänderung zurückbleiben: im ersten Falle blieben dann die Längenänderungen innerhalb der *Grenze der vollkommenen Elastizität*, im zweiten wurde letztere überschritten. Die gröfste Belastung, welche der Stab von 1 qcm Querschnitt innerhalb der Grenze der vollkommenen Elastizität zu tragen vermag, heifst der *Tragmodul* des Materials.

Wird ein Stab (Fig. 137) durch Kräfte P und $-P$ beansprucht, so werden zwei vor der Belastung unmittelbar benachbarte Querschnitte des Stabes nach derselben sich von einander entfernen oder einander näher rücken. Es treten dann zwischen den Querschnitten Kräfte, sogenannte *Spannungen* auf, welche den ursprünglichen Zustand wieder herzustellen bestrebt sind, und deren Summe gleich P ist. Praktisch ist die Annahme einer gleichmäſsigen Verteilung dieser Spannungen auf die ganze Fläche der Querschnitte zulässig. Ist dann F der Inhalt des Querschnitts in qcm, so ist $P:F = S$ die *in 1 qcm herrschende Spannung*. Diese darf bei Baukonstruktionen oder Maschinen ohne Gefährdung der Sicherheit niemals gröſser werden, als der Tragmodul. Der Sicherheit wegen und mit Rücksicht auf Abweichungen in der Beschaffenheit des Materials werden deshalb die Abmessungen der Konstruktionsteile so gewählt, daſs die Spannung der Rechnung nach für die gröſste voraussichtlich vorkommende Belastung doch nur einen Bruchteil, gewöhnlich die Hälfte, des Tragmoduls erreicht. Diesen Wert nennt man die *zulässige Spannung*.

§ 35.

Schubfestigkeit. Wirken die Kräfte so, daſs sie, wie in Fig. 138 bei a und b, benachbarte Querschnitte gegeneinander zu verschieben streben, so wird die *Gleitungs-* oder *Schubfestigkeit* des Materials beansprucht. Hinsichtlich derselben gelten entsprechende Ausdrücke, wie sie in § 34 für Zug- und Druckfestigkeit aufgestellt sind.

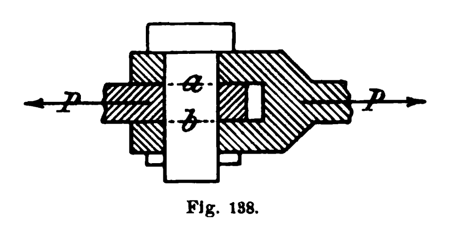


Fig. 138.

§ 36.

Biegungsfestigkeit. Es sei ein prismatischer Balken gegeben. Im Innern desselben denke man parallel zur Achse ein Prisma von unendlich kleinem Querschnitt. Werden die in demselben enthaltenen Teile des Balkens in Gedanken zusammengefaſst, so nennt man sie eine *Faser*. Hiernach wird der Balken als aus unendlich vielen geraden und einander parallelen *Fasern* bestehend vorgestellt.

Legt man nun den Balken wagrecht auf zwei Stützen A und B (Fig. 139) und belastet ihn durch Kräfte P_1, P_2, P_3, P_4 . . . senkrecht zur Achse, so wird er auf *Zerbrechen, relative* oder *Biegungsfestigkeit* beansprucht, und seine ursprünglich geraden Fasern werden gebogen und erleiden durch Messungen nachweisbare Längenänderungen. Durch diese werden Spannungen hervorgerufen, die den äuſseren Kräften das Gleichgewicht halten.

Die Länge des Balkens sei $l = AB$, die Entfernungen der Kräfte $P_1, P_2, P_3, P_4 \ldots$ von A seien der Reihe nach $x_1, x_2, x_3, x_4 \ldots$ und die beiden Stützen mögen durch gleichwertige Kräfte X und Y ersetzt gedacht werden. Ihre Werte ergeben sich mit Hilfe der nachfolgenden beiden, das Gleichgewicht ausdrückenden Bedingungen (§ 29):

$$Yl = P_1 x_1 + P_2 x_2 + P_3 x_3 + P_4 x_4 + \ldots$$
$$Xl = P_1(l - x_1) + P_2(l - x_2) + P_3(l - x_3) + \ldots$$

Es sind also X und Y als bekannte Gröfsen aufzufassen.

Die genannten äufseren Kräfte erzeugen neben den Biegungen auch durch Messungen nachweisbare *Verkürzungen* der Fasern an der Oberseite des Balkens und *Verlängerungen* an der Unterseite desselben. Von der Oberseite nach der Unterseite hin fortschreitend findet man, dafs die Verkürzungen nach und nach bis auf Null abnehmen und nun in stetig zunehmende Verlängerungen übergehen. Die Gesamtheit der keine Längenänderungen erleidenden Fasern nennt man die *neutrale Faserschicht.*

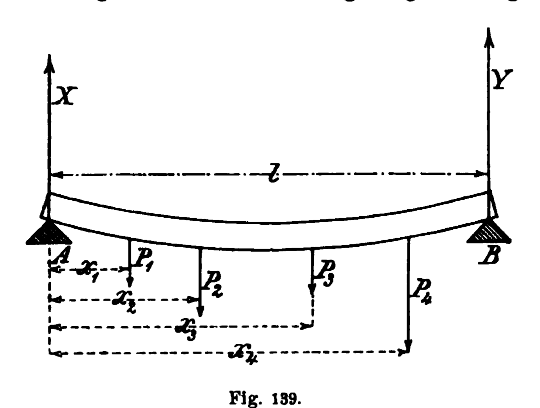


Fig. 139.

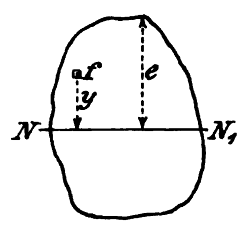


Fig. 140.

Fig. 140 sei ein Querschnitt des Balkens senkrecht zu seiner gebogenen Achse. Dann heifst die Gerade NN_1, in der er die neutrale Faserschicht durchschneidet, seine *neutrale Achse.* Nun sei f der Querschnitt irgend einer Faser und y ihr Abstand von der neutralen Achse. Vermöge der Längenänderung der Faser wird in f eine Zug- oder Druckspannung s erzeugt. $s : f$ ist dann die an dieser Stelle *im qcm* herrschende Spannung. Solange an keiner Stelle die Spannungen über die Grenze der vollkommenen Elastizität hinaus gehen, sind nach angestellten Beobachtungen ihre Werte ebenso, wie die gemessenen Längenänderungen, proportional den Entfernungen von der neutralen Achse. Bezeichnet e den Abstand der entferntesten Faser von der neutralen Achse und k ihre Spannung aufs qcm, so verhält sich

$$k : (s : f) = e : y, \text{ woraus folgt } s = \frac{k}{e} f y.$$

Um nun die Beziehungen zwischen diesen inneren und den äufseren Kräften zu erkennen, denken wir uns den Balken durch einen zur gebogenen Achse senkrechten Querschnitt zerschnitten (Fig. 141) und die inneren Kräfte durch gleichwertige äufsere ersetzt, die das Gleichgewicht wieder herstellen. Wegen der vorauszusetzenden Geringfügigkeit der Biegung kann man in der Zeichnung und bei Aufstellung der Gleichgewichtsbedingungen ganz davon absehen.

Bezeichnet Z die durch Verschiebung des Endquerschnitts gegen den früher ihm benachbarten auftretende Schubspannung, so erfordert das Gleichgewicht (§ 30) die Erfüllung folgender Gleichung:

$$X + Z = P_1 + P_2 + \ldots \text{ oder } Z = P_1 + P_2 + \ldots - X.$$

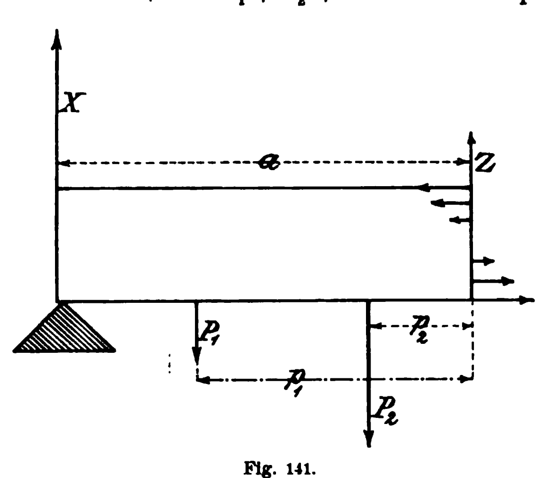


Fig. 141.

Ferner mufs auch die algebraische Summe der horizontal wirkenden, die Zug- und Druckspannungen ersetzenden Kräfte gleich Null sein oder

$$\Sigma((k:e)fy) = $$
$$= (k:e)\,\Sigma(fy) = 0.$$

Da nun $(k:e)$ nicht Null ist, mufs $\Sigma(fy) = 0$ sein. Nach § 32, Zusatz 2 bedeutet dies: *Die neutrale Achse geht durch den Schwerpunkt des Querschnitts.*

Zur Erhaltung des Gleichgewichts müssen ferner die Momente aller Kräfte in Beziehung auf irgend eine Drehachse gleich Null sein (§ 30). Als Momentenachse nehmen wir die neutrale Achse des Endquerschnittes und bezeichnen die Abstände der Kräfte X, P_1, $P_2 \ldots$ von derselben mit a, p_1, $p_2 \ldots$, dann mufs sein

$$Xa - (P_1 p_1 + P_2 p_2 + \ldots) = \Sigma(y\,(k:e)\,fy)$$
$$= k\,\frac{\Sigma(fy^2)}{e}$$

$\Sigma(fy^2)$ heifst *Trägheitsmoment* des Querschnitts und $(1:e)\,\Sigma(fy^2)$ das *Widerstandsmoment* desselben. Bezeichnen wir letzteres kurz mit W und mit M das Moment der äufseren Kräfte in Beziehung auf die neutrale Achse des Endquerschnitts, so ist

$$M = kW \text{ oder } k = M:W.$$

Die Dimensionen des Balkens sind nun so zu wählen, dafs k an keiner Stelle gröfser ist als die zulässige Spannung. Da nun wegen der

prismatischen Gestalt des Balkens W für alle Querschnitte unverändert bleibt, so wird k für denjenigen Querschnitt seinen gröfsten Wert erreichen, dessen neutrale Achse als Drehachse gedacht den gröfsten Wert des Momentes M der äufseren Kräfte ergibt. Dieser gröfste Wert heifst *Bruchmoment* und der zugehörige Querschnitt der am *meisten gefährdete* oder *Bruchquerschnitt.* Sollte ein Bruch eintreten, so wird er voraussichtlich im Bruchquerschnitt an dessen am weitesten von der neutralen Achse entfernten Faser beginnen. — Ein Balken ist als *sicher* zu betrachten, wenn für den Bruchquerschnitt $k \overline{\gtrless} M : W$.

§ 37.

Widerstandsmoment eines Rechtecks (Fig. 142, $ABCD$). Die neutrale Achse NN_1 sei parallel $AB = b$ und senkrecht zu $BD = h$. Ein Flächenelement parallel zu NN_1 habe die unendlich kleine Höhe δ und den Abstand y von NN_1, dann ist $b\delta = f$ sein Querschnitt. Bezeichnet J das Trägheitsmoment

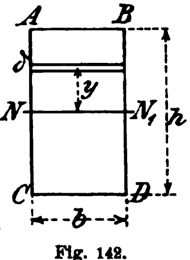


Fig. 142.

des Querschnitts, so ist $\frac{J}{2}$ sein Wert für die obere Hälfte des Querschnitts oder

$$\frac{J}{2} = \Sigma(fy^2) = \Sigma(b\delta y^2) = b\Sigma(\delta y^2).$$

Setzt man der Reihe nach für y die Werte δ, 2δ, $3\delta \ldots n\delta$, so folgt

$$\frac{J}{2} = b \,.\, \Sigma(\delta y^2) = b\delta(1^2\delta^2 + 2^2\delta^2 + 3^2\delta^2 + \ldots + n^2\delta^2)$$

oder $$\frac{J}{2} = b\delta^3(1^2 + 2^2 + 3^2 + \ldots n^2) \underset{n}{=} b\,\frac{\delta^3 n^3}{3} = \frac{b}{3}\cdot\left(\frac{h}{2}\right)^3 = \frac{b\,h^3}{24}.$$

Mithin $$J = \frac{b\,h^3}{12}.$$

Durch Division mit dem gröfsten Abstande $h:2$ einer Faser von der neutralen Achse erhält man das gesuchte Widerstandsmoment

$$W = \frac{1}{6}\,b\,h^2.$$

§ 38.

Widerstandsmoment eines doppelt T- oder U-förmigen Querschnitts. Die genannten Querschnitte mögen durch die in Fig. 143 eingetragenen horizontal und vertikal gedachten Abmessungen bestimmt sein.

Um das Trägheitsmoment J des Doppel-T-Querschnitts in Beziehung auf die neutrale Achse zu finden, hat man von demjenigen des Rechteckes mit den Abmessungen B und H zweimal dasjenige eines Rechteckes mit den Dimensionen $\frac{b}{2}$ und h abzuziehen. Also ist

$$J = \frac{BH^3}{12} - 2\,\frac{\frac{b}{2}h^3}{12} = \frac{BH^3}{12} - \frac{bh^3}{12}.$$

Das Trägheitsmoment des U-Querschnitts ergibt auf entsprechende Art denselben Wert. Durch Division mit $H:2$ wird das Widerstandsmoment W eines jeden der beiden Querschnitte erhalten:

$$W = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}.$$

§ 39.

Beispiel 1. Ein rechtwinkliger Balken von der freien Länge l, der wagrecht liegenden Breite b und der Höhe h, Fig. 144, sei in einer Mauer unwandelbar befestigt und trage auf seiner freien Länge eine gleichmäfsig verteilte Last G und am Ende ein Gewicht P. Man soll Breite b und Höhe h seines Querschnitts so bestimmen, dafs an keiner Stelle die Spannung den höchstens zulässigen Wert k überschreitet.

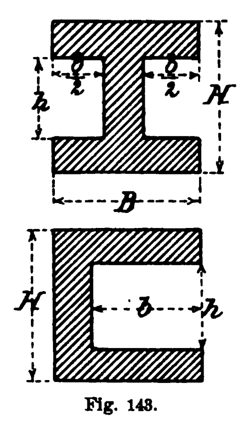


Fig. 143.

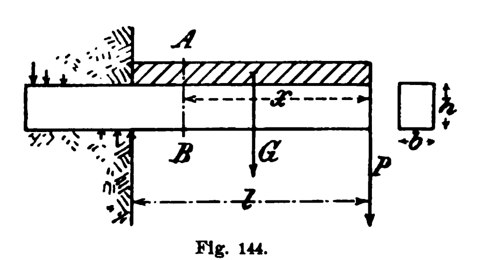


Fig. 144.

Denkt man in der Entfernung x vom freien Ende des Balkens einen Querschnitt nach AB, so ist Px das Moment von P, bezogen auf die neutrale Achse desselben. Aufserdem hat die Länge x aufs laufende Meter ein Gewicht $(G:l)$ zu tragen, oder im ganzen $(G:l)x$. Dies Gewicht kann man durch eine ihm gleiche, in seinem Schwerpunkte angreifende Kraft ersetzt denken. Das Moment, bezogen auf die neutrale Achse des Querschnitts AB, wäre dann $(x:2)(G:l)x = x^2(G:2l)$. Mithin das gesamte Moment der äufseren Kräfte, bezogen auf dieselbe Achse,

$$Px + x^2(G:2l).$$

Offenbar erreicht dieser Ausdruck für $x = l$ seinen gröfsten Wert, den des *Bruchmoments* (§ 36). Letzteres ist gleich k mal dem Widerstandsmoment $(1:6)bh^2$ zu setzen (§ 37), also wäre

$$Pl + (l:2)G = k(1:6)bh^2.$$

Es sei nun $l = 120$ cm, $P = 300$ kg und $G = 100$ kg, ferner der Balken aus Eichenholz und darum $k = 80$ zu setzen, so folgt

$$300.120 + 60.100 = 80(1:6)bh^2.$$

Daraus folgt

$$bh^2 = 3150.$$

Man kann nun je nach den im besonderen Falle mafsgebenden Rücksichten die eine Dimension des Querschnitts wählen und dann die andere bestimmen. Nimmt man z. B. $h = 10$ cm, so ist $h^2 = 100$ und $b = 31{,}5$ cm zu nehmen; für $h = 20$ cm erhält man $b = 7{,}87$ oder rund 8 cm.

Beispiel 2. Ein Balken mit dem Widerstandsmoment W liege auf zwei Stützen A und B, die um $AB = l$ von einander entfernt sind. Wie grofs ist die gleichmäfsig verteilte, vom Balken höchstens zu tragende Last G? (Fig. 145.)

Zuerst sind die gleichen Kräfte X zu ermitteln, welche jede Stütze ausübt. Offenbar ist

$$X + X = G, \text{ also } X = G:2.$$

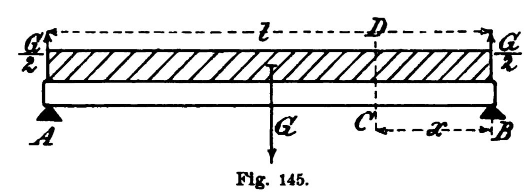


Fig. 145.

In Beziehung auf die neutrale Achse irgend eines Querschnitts im Abstande $x < \frac{l}{2}$ von B ist das Moment der äufseren Kräfte

$$\frac{G}{2}x - \frac{G}{l}x \cdot \frac{x}{2} = \frac{Gx}{2l}(l - x).$$

Dieser Ausdruck erreicht seinen gröfsten Wert für $x = \frac{l}{2}$. Der Bruchquerschnitt liegt also in der Mitte des Balkens und das Bruchmoment wird gleich $(G:4)(l:2) = Gl:8$. Dieser Wert ist gleich dem Widerstandsmoment mal der zulässigen Spannung zu setzen, daher

$$\frac{Gl}{8} = kW \quad \text{oder} \quad G = \frac{8kW}{l}.$$

Wäre $k = 80$, der Balken rechteckig, 6 cm breit und 20 cm hoch, so wäre das Widerstandsmoment gleich $(1:6)\,6 \cdot 20 \cdot 20 = 400$. Ist ferner die Länge 4 Meter oder $l = 400$ cm, so folgt $G = 640$ kg.

§ 40.

Die zulässigen Spannungen für verschiedene Materialien nach den Bestimmungen der Berliner Bau-Polizei (21. Februar 1887) und der Bauabteilung des preufs. Ministeriums der öffentlichen Arbeiten (16. Mai 1890) sind aus nachstehender Tabelle zu entnehmen.

Material	k kg aufs qcm Zug	Druck	Schub	Material	k Druck	Material	k Druck
Schmiedeeisen .	750	750	600	Basalt	75	Ziegelm. in Zement	11
Gufseisen . .	250	500	200	Granit	45	Marmor	24
Eichenholz . .	100	80	20	Rüdersd. Kalkstein	25	Steine aus Zement,	
Tannenholz .	60	50	10	Sandstein . 15 bis	30	Schlacke u. Sand	12
Kiefernholz .	100	60	10	Ziegelm. in Kalk	7	Guter Baugrund .	2,5

§ 41.

Knickfestigkeit. Prismatische Säulen, die durch in der Richtung ihrer Achse wirkende Kräfte auf Druck in Anspruch genommen sind, müssen nach § 34 bei verhältnismäfsig grofser Länge gegen Zerknicken gesichert und daraufhin berechnet werden. Ist P die zu tragende Last, l die Länge des nach Fig. 146 in der Linie AB geführten Stabes mit gerade abgeschnittenen Enden, E der Elastizitätsmodulus des Materials und J das kleinste Trägheitsmoment seines Querschnitts, bezogen auf eine durch dessen Schwerpunkt gezogene Achse, so berechne man (Euler'sche Formel)

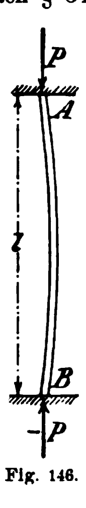


Fig. 146.

$$Q = \pi^2 \frac{EJ}{l^2},$$

worin für E bei Gufseisen 1000000, bei Schmiedeeisen 2000000 und bei Holz 100000 zu setzen ist.

Die zulässige Belastung darf bei Gufseisen $^1/_8$, bei Schmiedeeisen $^1/_5$ und bei Holz $^1/_{10}$ des Wertes von Q betragen. Auch ist zu untersuchen, ob die Berechnung auf einfach rückwirkende Festigkeit nicht eine geringere zulässige Belastung ergibt. Dann darf nur letztere gelten.

§ 42.

Drehungsfestigkeit. Wird ein Stab von kreisförmigem Querschnitt aus Schmiedeeisen durch zwei in parallelen Ebenen gegeneinander wirkende gleiche Kräftepaare mit den Seitenkräften P und dem Hebelarm r auf *Drehungs-* oder *Torsionsfestigkeit* beansprucht, so ist bei gewöhnlichen kurzen Drehachsen der Durchmesser d zu nehmen

$$d = 0{,}30 \sqrt[3]{Pr},$$

wobei d und r in cm und P in kg auszudrücken sind und die Welle nur in einer Richtung beansprucht werde. Wirkt das Moment in wechselnden Richtungen, so ist statt 0,30 der Wert 0,35 zu nehmen.

Kapitel IV.

Hydrostatik oder Lehre vom Gleichgewichtszustand der Flüssigkeiten.

§ 43.

Die Oberfläche des in einem Gefäfse stillstehenden Wassers oder einer andern Flüssigkeit bildet eine wagrechte Ebene. Dies kommt daher, weil die kleinsten Teilchen, aus denen das Wasser besteht, durch die geringste Kraft gegeneinander verschoben werden können und alle vermöge der Schwere das Bestreben haben, sich soweit als möglich lotrecht abwärts zu bewegen. Befände sich also irgend ein Wasserteilchen höher als die benachbarten, so würde es sofort herabfliefsen.

Allgemeiner kann man dies so aussprechen: *Die Oberfläche einer Flüssigkeit stellt sich senkrecht ein zu den Kräften, die auf jedes Teilchen einwirken.*

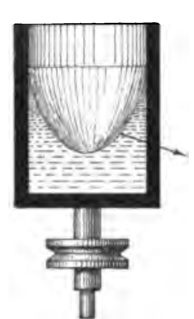


Fig. 147.

So bildet das Wasser in einem mit gleichförmiger Geschwindigkeit um eine lotrechte Achse rotierenden Zylinder (Fig. 147) eine krumme Oberfläche (Paraboloid). Hier wirkt auf jedes rotierende Teilchen aufser der Schwerkraft noch die durch Rotation erzeugte Zentrifugalkraft in horizontaler Richtung. Beide zusammen wirken wie eine schräg gerichtete Kraft, und zu dieser stellt sich die Oberfläche senkrecht ein. Daher ist in der Drehachse selbst die Oberfläche wagrecht, weil hier die Zentrifugalkraft Null ist, und die Fläche wird mit der Entfernung von der Achse steiler wegen der wachsenden Fliehkraft.

Auch an den Wänden der Gefäfse beobachtet man oft ein Ansteigen der Oberfläche, nämlich dann, wenn die an der Wand liegenden Wasserteile von dieser stärker angezogen werden, als sie sich untereinander anziehen. Hierauf beruht das Aufsteigen des Wassers in engen Glasröhren und in entsprechenden sehr engen Zwischenräumen des Erdbodens. *(Kapillar-* oder *Haarröhrchenkraft.)*

§ 44.

Fortpflanzung des Druckes. Ist eine Flüssigkeit allseitig eingeschlossen, und wird auf einen Teil ihrer Oberfläche ein Druck ausgeübt, so erleiden alle ebenso grofsen Teile der Gefäfswände von der Flüssigkeit einen ebenso grofsen *senkrecht gegen die Gefäfswände gerichteten* Druck. Um diese auf der leichten Verschiebbarkeit beruhende Fortpflanzung des Druckes zu erweisen, kann man den aus zwei miteinander verbundenen Zylindern bestehenden Apparat (Fig. 148) benutzen. Er enthält Wasser und darüber zwei leicht bewegliche, dicht eingeschliffene, massive Kolben aus gleichem Material und von gleicher Höhe. Hat nun der gröfsere Kolben den 100fachen Querschnitt und mithin auch das 100fache Gewicht des kleinen, so wird diese auf der Flüssigkeit ruhende Last doch den kleinen Kolben nicht empordrücken; denn obgleich dieser 100mal weniger auf der Flüssigkeit lastet, ruht diese Belastung auch auf einer 100mal kleineren Fläche. Der Druck auf die Flächeneinheit ist also an den Grundflächen beider Kolben derselbe.

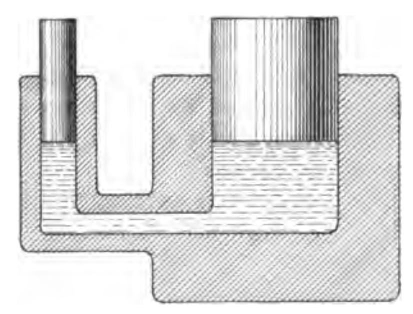


Fig. 148.

Setzt man nun auf den kleinen Kolben 1 kg, so wird der grofse sofort aufsteigen, und man mufs ihn mit 100 kg belasten, um das Gleichgewicht herzustellen. In dieser Weise wird bei der hydraulischen Presse durch einen geringen Druck ein sehr grofser hervorgebracht. Mancher glaubt auch, es würde an Arbeitskraft oder Energie gewonnen. Eine leichte Überlegung zeigt, dafs dies nicht der Fall ist. Denn lassen wir das eine kg auf dem kleinen Kolben 100 mm heruntergehen, so wird das dadurch verdrängte Wasser den grofsen Kolben, wegen seiner 100mal gröfseren Grundfläche, nur um 1 mm heben können. Die aufgewendete Arbeit ist dann $1 \times 100 = 100$ kgmm und die geleistete $100 \times 1 = 100$ kgmm. Beide sind also, wie es sein mufs, wenn von Nebenwiderständen abgesehen wird, gleich grofs.

Die *Zusammendrückbarkeit* des Wassers ist sehr gering, denn eine drückende Kraft von 1 kg auf das qcm (1 Atmosphäre) drückt das Wasser nur um 50 Milliontel seines Rauminhaltes zusammen. Für die Praxis ist daher das Wasser nicht in erheblicher Weise zusammendrückbar.

§ 45.

Prinzip des Archimedes. Es ist ein von selbst einleuchtender Grundsatz der Mechanik, dafs der Zustand des Gleichgewichts eines

Systems nicht gestört wird, wenn man, ohne sonst etwas zu ändern, Teile fest macht, die vorher beweglich waren. So möge man sich in der ruhenden Wassermasse (Fig. 149) einen beliebig gestalteten Teil K des Wassers plötzlich erstarrt denken, dann wird er genau ebenso ruhig von der umgebenden Flüssigkeit getragen werden, wie vorher. Nun wirkt aber auf den Körper die Schwerkraft und zieht ihn genau ebenso abwärts, wie dies eine im Schwerpunkt S angebrachte Kraft P tun würde, die dem Gewicht des Körpers gleich ist. Damit also keine Bewegung eintreten kann, müssen die von der Flüssigkeit senkrecht gegen die Oberfläche von K wirkenden Druckkräfte des umgebenden Wassers in ihrer Gesamtheit eine Wirkung hervorbringen, wie eine Kraft W, welche P gleich und entgegengesetzt ist. Man denke nun den Körper K durch einen festen Körper von genau derselben Gestalt ersetzt. Dann wirken die Druckkräfte der Flüssigkeit auf seine Oberfläche genau ebenso, wie vorhin auf den Körper K, d. h. wie eine lotrecht aufwärts gerichtete Kraft, die im Schwerpunkte des verdrängten Wassers (*Mittelpunkt des Druckes* genannt) angreift und deren Gröfse dem Gewichte desselben gleich ist. Denkt man sich den Körper durch einen Faden an dem einen Arm einer ins Gleichgewicht gebrachten Wage aufgehängt und dann in die Flüssigkeit eingetaucht, so wird es gerade so sein, als ob der Körper von seinem Gewichte ebensoviel verloren hätte, als von demselben durch die Flüssigkeit getragen wird. Darum wird das Gesetz des Archimedes gewöhnlich so ausgesprochen: *Ein eingetauchter Körper verliert so viel an Gewicht, wie die Flüssigkeit wiegt, die er verdrängt.*

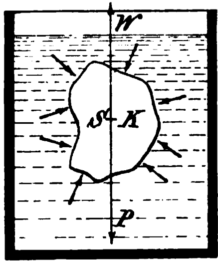


Fig. 149.

§ 46.

Schwimmende Körper. Aus dem vorigen § läfst sich leicht folgern, dafs ein schwimmender Körper, dessen Schwerpunkt mit dem der verdrängten Flüssigkeit zusammenfällt, in beliebiger Lage schwimmt, dafs aber sonst das Gleichgewicht nur eintritt, wenn die beiden Schwerpunkte lotrecht übereinander liegen. Befindet sich indessen der Schwerpunkt des Körpers über dem der verdrängten Flüssigkeit, so ist das Gleichgewicht *labil,* d. h. der Körper wird bei der geringsten Drehung ganz umschlagen, bis sein Schwerpunkt unter dem andern liegt und so ein *stabiler* Gleichgewichtszustand eintritt.

§ 47.

Auftrieb eines Zylinders. Man denke sich von der Flüssigkeit (Fig. 150a) einen lotrechten, bis zur Oberfläche reichenden zylindrischen

oder prismatischen Körper abgesondert. Derselbe wird von der umgebenden Flüssigkeit getragen. Da aber die seitlich wirkenden Druckkräfte sämtlich wagrecht sind, so sind es nur die gegen die Grundfläche wirkenden, lotrecht aufwärts gerichteten Kräfte, die dem Fallen entgegenwirken. Ihre Gesamtheit, oder der sogenannte Auftrieb, mufs deshalb gleich dem Gewichte des Körpers sein. Ist nun F die Gröfse der Grundfläche und h die Höhe des Körpers, so ist sein Inhalt gleich Fh und wFh sein Gewicht, wenn w das Gewicht einer Kubikeinheit Flüssigkeit bedeutet.

Der aufwärts gerichtete Druck gegen eine wagrechte ebene Fläche von F qcm Inhalt, die sich h cm unter dem Wasserspiegel befindet, beträgt Fh Gramm, da $w = 1$ Gramm.

§ 48.

Bodendruck. Denkt man sich statt des Körpers im vorigen Paragraphen die umgebende Flüssigkeit erstarrt (Fig. 150 *b*), so ist der

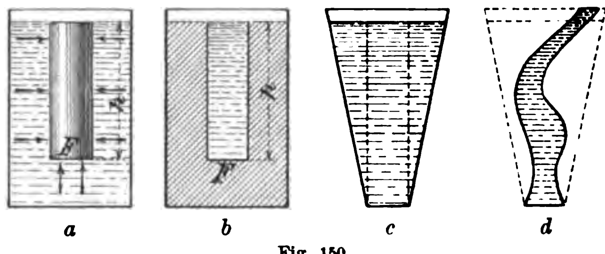


Fig. 150.

Bodendruck, den der flüssig gebliebene Teil auf die wagrechte Grundfläche ausübt, genau ebenso grofs oder wFh.

Erweitert sich das über dem Boden befindliche Gefäfs (Fig. 150 *c*) nach oben hin, so kann man sich, ohne etwas zu ändern, alles Wasser erstarrt denken, das sich nicht lotrecht über dem Boden befindet. Dann hat man den eben behandelten Fall, mithin auch jetzt den Bodendruck gleich wFh.

Hat das Gefäfs eine ganz beliebige Gestalt (Fig. 150 *d*), so kann man sich immer, wie in der Figur punktiert ist, ein nach oben sich erweiterndes Gefäfs denken, aus dem jenes dadurch entstanden ist, dafs man einen Teil der Flüssigkeit fest werden läfst. Mithin gilt allgemein:

Der Druck, den eine Flüssigkeit auf einen wagrechten Boden ausübt, ist gleich der Gröfse des Bodens mal dessen lotrechtem Abstande vom Flüssigkeitsspiegel mal dem Gewicht einer Kubikeinheit der Flüssigkeit.

§ 49.

Kraft zur Hebung eines Ventils. Ein rundes Ventil von 10 cm Durchmesser (Fig 151) liegt 80 cm unter dem Wasserspiegel. Dasselbe

wird durch Ziehen an einer Stange S geöffnet; man soll berechnen, wie viel Kraft dazu gehört. Die ziehende Kraft hat den Druck zu überwinden, der auf dem Ventil lastet. Derselbe ist (§ 48)

$$\frac{\pi\,10^2}{4}\,80 = 78{,}54 \times 80 = 6283\ g$$

oder rund 6,3 kg. Addiert man dazu das Gewicht des Ventils, so hat man die Antwort.

§ 50.

Druck gegen lotrechte ebene Wände. Fig. 152 zeigt den Durchschnitt eines Flüssigkeit enthaltenden Gefäfses, dessen eine Wand BD ein lotrecht stehendes Rechteck sein soll, benetzt bis zur Höhe h und in seiner Breite b. Man denke sich durch eine wagrechte Ebene EF die Flüssigkeit in einen oberen Teil O und einen unteren U zerlegt. Dann drückt O auf jeden Punkt der Oberfläche von U mit dem Gewicht einer lotrechten Wassersäule vom Punkte E bis zum Spiegel AB. Ihre Höhe sei e. Da nach § 44 dieser Druck in U nach

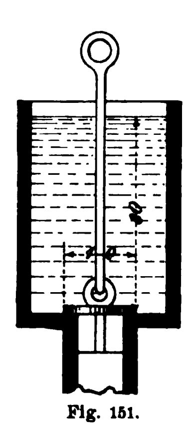


Fig. 151.

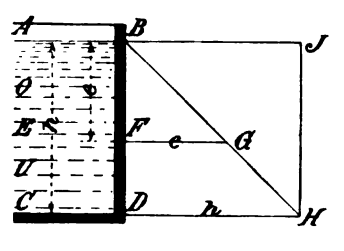


Fig. 152.

allen Richtungen in gleicher Stärke sich fortpflanzt, so erfährt auch der Punkt F der lotrechten Wand einen senkrecht zu dieser gerichteten Druck, der durch FG gleich e dargestellt werden möge. In dieser Weise denke man in jedem Punkte der vertikalen Wand eine Linie gezogen, die den daselbst stattfindenden Druck darstellt. Die Gesamtheit dieser Linien bildet ein dreiseitiges Prisma vom Querschnitt BDH. Man denke sich nun zu jedem der Drucke so viel hinzugefügt, dafs die Summe gleich h wird. Dann erhält der den Druck darstellende Körper den Querschnitt $BDHJ$ und ist genau doppelt so grofs wie zuvor. Da der Druck an jeder Stelle der Wand jetzt einer Wassersäule von der Höhe h entspricht, so ist er gleich Grundfläche bh mal Höhe h mal dem Gewicht w der Kubikeinheit Flüssigkeit. Der Druck auf die lotrechte Wand ist halb so grofs, mithin gleich

$$\tfrac{1}{2}\,w\,b\,h^2.$$

§ 51.

Kraft zum Aufziehen einer lotrecht stehenden Schütze. Fig. 153 zeigt, von der Wasserseite gesehen, den Schieber einer Schleuse von 80 cm Breite, 60 cm Höhe und 4 cm Dicke. Es ist die zum Aufziehen nötige Kraft P zu bestimmen. — Wenn das Wasser bis zum oberen Rande des Schützenbrettes reicht, so ist die Gröfse der gedrückten Fläche $60 \times 80 = 4800$ qcm. Um den Gesamtdruck zu erhalten, müssen wir diese Fläche mit der halben Höhe $(60 : 2 = 30)$ und dem Gewicht von 1 ccm Wasser (1 g) multiplizieren. Das ergibt

$$4800 \times 30 \times 1 = 144000 \text{ g} = 144 \text{ kg}.$$

Dieser Druck von 144 kg verursacht zwischen dem Schützenbrett und seiner Unterlage einen Reibungswiderstand, der beim Übergange von der Ruhe zur Bewegung etwa 0,7 des Druckes ausmacht, wenn vorausgesetzt wird, dafs Schütze und Unterlage beide aus nassem Eichenholz

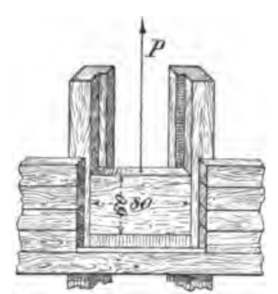


Fig. 153.

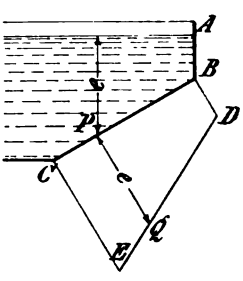


Fig. 154.

bestehen. Demnach mufs P, um diesen Widerstand zu überwinden, $0{,}7 \times 144 = 101$ kg sein.

Nun hat aber P noch das Gewicht des Schleusenbrettes zu heben. Dasselbe nimmt einen Raum von $60 \times 80 \times 4 = 19200$ ccm ein. Da 1 ccm nasses Holz etwa ebensoviel wiegt, wie 1 ccm Wasser oder 1 g, so ist das gesuchte Gewicht gleich 19200 g oder rund 19 kg. Rechnet man für Leisten und an der Schleuse befestigte Eisenteile noch 20 % oder rund 4 kg dazu, so erhält man 23 kg.

Somit ist die gesuchte Kraft beim Übergange von der Ruhe zur Bewegung gleich $101 + 23 = 124$ kg. Sobald die Bewegung eingeleitet ist, fällt der Reibungswiderstand auf die Hälfte und die Kraft P ist deshalb um $101 : 2 = 50$ kg kleiner zu veranschlagen.

§ 52.

Druck gegen eine geneigte ebene Fläche. BC (Fig. 154) sei der Schnitt einer ebenen, vom Wasser gedrückten Fläche von beliebiger Gestalt, und P ein Punkt derselben; e sei die lotrechte Entfernung

von P bis zum Wasserspiegel. Dann ist der in P senkrecht zur Fläche BC gerichtete Druck des Wassers nach der in § 50 befolgten Schlufsweise durch eine senkrecht zur Fläche BC in P errichtete Linie PQ gleich e darzustellen. Denkt man in jedem Punkte der Fläche BC eine solche den Wasserdruck darstellende Senkrechte errichtet, so bestimmt die Gesamtheit dieser Senkrechten einen Körper $CBDE$, den wir uns aus einem Material gefertigt denken wollen, von dem 1 ccm genau ebensoviel wiegt, wie 1 ccm Wasser. Denkt man sich nun die Fläche BC wagrecht und den Körper $CBDE$ darauf stehend, so wird offenbar die Fläche jetzt vom Körper ebenso gedrückt, wie vorher vom Wasser. Der Gesamtdruck des Wassers entspricht also dem Gewichte des Körpers $CBDE$, welches seinem Rauminhalte mal dem Gewicht der Kubikeinheit Wasser gleich ist. Den Rauminhalt mifst das Produkt aus der Grundfläche BC und einer in ihrem Schwerpunkte senkrecht auf derselben stehenden und bis zur Oberfläche DE reichenden Linie. Diese Linie ist auch gleich dem lotrechten Abstande des Schwerpunktes der Fläche BC vom Wasserspiegel. Daher gilt folgende Regel:

Um den Druck einer Flüssigkeit auf eine von derselben gedrückte ebene Fläche zu finden, bildet man das Produkt: Gröfse der Fläche mal lotrechtem Abstand ihres Schwerpunktes vom Wasserspiegel mal Gewicht der Kubikeinheit der Flüssigkeit. Diese Regel umfafst die vorher entwickelten als besondere Fälle.

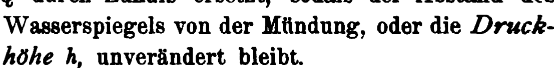
Kapitel V.

Hydrodynamik oder Lehre von der Bewegung der Flüssigkeiten.

A. Bewegung des Wassers durch Öffnungen.

§ 53.

Ausfluſs aus einer gerundeten Öffnung. Das im Gefäſs (Fig. 155) enthaltene Wasser soll durch eine Öffnung, die durch sorgfältig gerundeten Übergang sich an den Boden anschlieſst, mit der Geschwindigkeit v durch den Mündungsquerschnitt vom Inhalt F abflieſsen. Die Oberfläche des Wassers werde so groſs angenommen, daſs sie nur mit zu vernachlässigender Geschwindigkeit herabsinkt, auch werde die in der Sekunde ausflieſsende Wassermenge Q durch Zufluſs ersetzt, sodaſs der Abstand des



Wasserspiegels von der Mündung, oder die *Druckhöhe* h, unverändert bleibt.

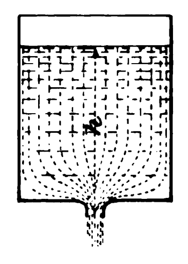


Fig. 155.

Verfolgt man nun in Gedanken eine kleine Gewichtsmenge p der Flüssigkeit, wie sie von der Oberfläche bis zum Querschnitt der Mündung herabsinkt, so erkennt man leicht, daſs sie an Energie der Lage verliert und daſs ph die Gröſse dieses Verlustes ausdrückt. Nach § 11 würde dieser Verlust an Energie der Lage durch vermehrte Energie der Bewegung ersetzt werden, sofern keine Nebenwiderstände auftreten, und man hätte $ph = 0{,}5\,(p:g)\,v^2$. Mit Rücksicht auf Reibungswiderstände und dergl., auf deren Überwindung eine Energiemenge ph_1 verbraucht werden möge, hat man

$$ph = ph_1 + {}^1/_2 \frac{p}{g} v^2, \text{ woraus folgt } v = \sqrt{2g(h - h_1)} = \sqrt{1 - \frac{h_1}{h}}\sqrt{2gh}.$$

Der Wert, mit dem $\sqrt{2gh}$ multipliziert werden muſs, um, mit Rücksicht auf Widerstände, den Wert der Ausfluſsgeschwindigkeit v zu erhalten, heiſst *Geschwindigkeitskoeffizient*. Bezeichnet man ihn mit φ, so folgt

$$v = \varphi\sqrt{2gh} \quad \text{und} \quad Q = Fv = \varphi F\sqrt{2gh}.$$

Dafs die in der Sekunde ausfliefsende Wassermenge gleich dem Querschnitt F mal der Geschwindigkeit v ist, wird man leicht durch folgende Erwägung einsehen. Man denke sich alle Wasserteile, die sich zu Anfang einer Sekunde in der Mündung befinden, mit der Geschwindigkeit v eine Sekunde unter Ausschlufs aller etwa jenseits der Mündung wirkenden Kräfte fortbewegt, dann beschreiben sie einen prismatischen Körper von der Basis F und der Höhe v, dessen Inhalt also Fv ist, und der die in der Sekunde ausfliefsende Wassermenge darstellt.

§ 54.

Ausflufs in dünner Wand. Es möge jetzt die Ausflufsöffnung sich in einer gröfseren ebenen, ganz dünnen Wand befinden, oder was dasselbe ist, die Öffnung sei nach aufsen abgeschrägt, wie Fig. 156 sie, über Verhältnis erweitert, zeigt. Der austretende Strahl erscheint jetzt nicht, wie oben, als Zylinder, sondern zeigt eine konoidische Form. Man sagt, er erleide eine *Zusammenziehung* oder *Kontraktion*. Die Fig. 156 ist nach Strahlenmessungen von Bousset für eine kreisförmige Öffnung gezeichnet. Setzt man ihren Durchmesser gleich 10, so ist derselbe im Querschnitt der stärksten Kontraktion gleich 8, und dieser liegt 5 Teile von der Mündung entfernt. Um den Grund dieser Kontraktion zu erkennen, verrührt man das Wasser mit wenig Kreidestaub. In Glasgefäfsen sieht man dann an der Bewegung der Staubteilchen den Weg der mit ihnen fliefsenden Wasserteilchen. Es zeigt sich, dafs die Wasserteilchen nicht blofs in lotrechter und schräger Richtung, sondern auch längs der wagrechten Wand der Ausflufsöffnung zueilen, wie Fig. 156 durch die punktierten Bahnen oder *Wasserfäden* andeutet. Somit fliefsen die Wasserteilchen in konvergierenden Bahnen durch die Öffnung, und diese werden erst im Querschnitt der stärksten Kontraktion parallel. Deshalb wird die oben errechnete Geschwindigkeit

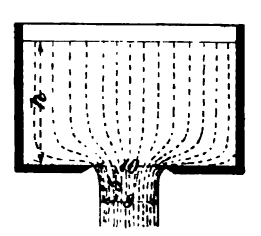


Fig. 156.

$$v = \varphi\sqrt{2gh} \tag{1}$$

hier erst im Querschnitt der stärksten Kontraktion erreicht, dessen Inhalt F_1 sein möge. Man erhält dann für die in der Sekunde ausfliefsende Wassermenge

$$Q = F_1 v = \varphi F_1 \sqrt{2gh}. \tag{2}$$

Ist F der Querschnitt der Mündung, so heifst $F_1 : F$ der *Kontraktionskoeffizient*.

Wenn nun $\frac{F_1}{F} = \alpha$, so ist $F_1 = \alpha F$, und setzt man diesen Wert in (2) ein, so folgt

$$Q = \alpha \varphi F \sqrt{2gh}. \tag{3}$$

Das Produkt $\alpha\varphi$ möge μ heifsen. Man nennt seinen Wert den *Ausflufskoeffizienten*. Demnach wäre

$$Q = \mu F \sqrt{2gh}. \tag{4}$$

§ 55.

Widerstandshöhe. Zur Erlangung seiner Geschwindigkeit v mufs das ruhend gedachte Wasser von einer Höhe $h_2 = \frac{v^2}{2g}$ herabfallen (§ 11). Diese Höhe ist kleiner als die wirklich vorhandene Druck- oder Fallhöhe h. Die Differenz $h - h_2 = h_1$ nennt man die verlorene Druck- oder die „*Widerstandshöhe*". Vom Wasserspiegel bis zur Mündung geht Energie der Lage verloren, von der sich ein Teil als Energie der Bewegung im ausfliefsenden Strahl wiederfindet, der andere aber sich bei Überwindung der Reibungswiderstände in Wärme umsetzt. Dieser Teil entspricht der Widerstandshöhe. Man sagt deshalb auch, ein Teil der Druckhöhe diene dazu, das ruhende Wasser in mit der Ausflufsgeschwindigkeit bewegtes umzuwandeln, der Rest werde durch die Widerstände verbraucht. Es ist nun die Widerstandshöhe

$$h_1 = h - \frac{v^2}{2g}. \quad \text{Da nun } v = \varphi\sqrt{2gh}, \text{ so folgt } h = \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{1}{\varphi^2}.$$

$$\text{Mithin } h_1 = \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{1}{\varphi^2} - \frac{v^2}{2g} = \frac{v^2}{2g}\left(\frac{1}{\varphi^2} - 1\right) = \zeta \frac{v^2}{2g}.$$

Der Zahlenwert $\frac{1}{\varphi^2} - 1 = \zeta$ heifst „*Widerstandskoeffizient*".

§ 56.

Die Zahlenwerte für den *Geschwindigkeits-*, *Kontraktions-*, *Ausflufs-* und *Widerstandskoeffizienten* betragen im Mittel beim Ausflufs aus dünner Wand

$$\varphi = 0{,}96; \ \alpha = 0{,}64; \ \mu = 0{,}615; \ \zeta = 0{,}085 \text{ und } \mu\sqrt{2g} = 2{,}724$$

und die Abweichungen dürfen in praktischen Fällen 4 % nicht erreichen, wenn die Wand im Umkreise von mindestens der $2^1/_2$fachen gröfsten Dimension der Öffnung eben ist und der Wasserspiegel als ruhend betrachtet werden kann, somit *normale Kontraktion* stattfindet.

§ 57.

Beispiele. a) Eine abgerundete Öffnung von 2 cm Weite befindet sich 50 cm unter dem Wasserspiegel eines grofsen Behälters. Mit welcher

Geschwindigkeit fliefst das Wasser aus und in welcher Menge? — Nach § 53 ist die gesuchte Geschwindigkeit für $\varphi = 0{,}96$

$$v = \varphi\sqrt{2gh} = 0{,}96\sqrt{2\,.\,9{,}81\,.\,0{,}5} = 0{,}96\,.\,4{,}43\sqrt{0{,}5} = 4{,}253\sqrt{0{,}5} = 3 \text{ m.}$$

Die Wassermenge Q wird erhalten durch Multiplikation des Querschnitts F der Mündung mit v. Mithin ist

$$Q = Fv = \frac{\pi\,.\,0{,}02^2}{4}\,.\,3 = 0{,}000\,314\,.\,3 = 0{,}000\,942 \text{ cbm}$$

oder 0,942 Liter in der Sekunde.

b) Wie grofs wäre die ausfliefsende Wassermenge, wenn die Öffnung, statt abgerundet zu sein, sich in einer dünnen Wand befunden hätte? — Da die Geschwindigkeit v des Wassers in diesem Falle zwar nicht an der Mündung, aber doch an der Stelle der stärksten Kontraktion erreicht wird, so hat man das unter a) gefundene Resultat nur mit dem Kontraktionskoeffizienten zu multiplizieren. Also ist

$$Q = 0{,}64\,.\,0{,}942 = 0{,}603 \ l.$$

c) Wie grofs ist der Durchmesser einer Öffnung in dünner Wand zu nehmen, damit bei einer Druckhöhe von 0,5 m eine Wassermenge von 1 l in der Sekunde ausfliefst? — Setzt man die hier gegebenen Werte in die Formel (4) § 54, so entsteht

$$0{,}001 = 0{,}615\,\frac{\pi d^2}{4}\sqrt{2\,.\,9{,}81\,.\,0{,}50} = 0{,}483\,.\,3{,}13\,.\,d^2 = 1{,}512\,d^2.$$

Daraus folgt:

$$d = \sqrt{\frac{1}{1512}} = \frac{1}{38{,}9} = 0{,}0257 \text{ m} = 2{,}57 \text{ cm.}$$

§ 58.

Für Ausflufsöffnungen in lotrechter dünner Wand benutzt man die in § 54 entwickelten Formeln, indem man unter h den Abstand des Schwerpunktes der Ausflufsöffnung vom Wasserspiegel versteht. Solche Öffnungen gebraucht man zu Wassermessungen. Ist z. B. die in Fig. 157 dargestellte Öffnung in die Wand eines grofsen Behälters eingebaut, dem Wasser zufliefst, dessen Menge bestimmt werden soll, so wartet man bis zum Eintreten des Beharrungszustandes, d. h. bis der Wasserspiegel weder steigt noch fällt, weil durch die Öffnung ebensoviel Wasser aus dem Teiche abfliefst, als ihm von anderer Seite zugeführt wird. Jetzt bestimmt man im Abstande von 1—1,5 m vor der Ausflufsöffnung die Höhe des Wasserspiegels über dem Schwerpunkte der Öffnung und dann mit Hilfe

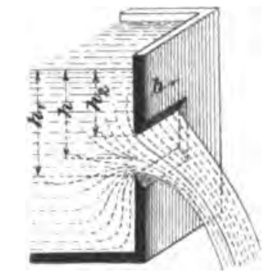


Fig. 157.

der Formel $Q = \mu F \sqrt{2gh}$ die Menge des ausfließenden Wassers. Will man dabei einen hohen Grad von Genauigkeit erreichen, so ist eine Öffnung zu wählen, deren Ausflußkoeffizienten bekannt sind.

Derartige Bestimmungen machten Poncelet und Lesbros für lotrecht stehende rechteckige Öffnungen in dünner Wand von 0,2 m Breite bei normaler Kontraktion. *Normale Kontraktion* tritt ein, wenn der Wasserspiegel in 1 m Entfernung von der Öffnung als ruhend betrachtet werden kann und letztere sich sowohl in dünner Wand befindet, wie Fig. 157 zeigt, als auch um mindestens das 2,7 fache ihrer größten Dimension von benachbarten Wänden absteht. Die Ausflußkoeffizienten für verschieden hohe Öffnungen von 0,2 m Breite, deren obere Seite um h_2 m unter dem ruhenden Wasserspiegel liegt, zeigt die nachstehende Tabelle, deren Werte auch gelten, wenn Breite und Höhe der Öffnungen verwechselt werden.

h_2 m	Höhe der Öffnung $= (h_1 - h_2)$ Meter					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,02	0,572	0,596	0,615	0,634	0,659	0,694
0,03	0,578	0,600	0,620	0,638	0,659	0,688
0,04	0,582	0,603	0,623	0,640	0,658	0,683
0,05	0,585	0,605	0,625	0,640	0,658	0,679
0,10	0,592	0,611	0,630	0,637	0,654	0,666
0,50	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,644
1,0	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632
2,0	0,601	0,607	0,613	0,612	0,612	0,611
3,0	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609

§ 59.

Unvollständige, teilweise oder partielle Kontraktion tritt bei der im vorigen § behandelten Ausflußöffnung ein, wenn durch anschließende Gefäßwände ein seitliches Zuströmen der Wasserteilchen verhindert wird. Liegt z. B. die untere Seite der rechteckigen Öffnung in der Höhe des Bodens, so ist die Kontraktion an dieser Seite aufgehoben. Ist nun p der ganze Umfang der rechteckigen Öffnung und α diejenige Länge derselben, an der die Kontraktion aufgehoben ist, ferner μ der Ausflußkoeffizient bei normaler Kontraktion, so ist nach Weisbach der hier anzuwendende Ausflußkoeffizient

$$= \mu \left(1 + 0{,}155 \frac{\alpha}{p}\right).$$

Unvollkommen wird dagegen die *Kontraktion* genannt, wenn zwar die Öffnung in gehöriger Entfernung von Seitenwänden sich befindet, aber

das Wasser derselben nicht aus einem grofsen Behälter, sondern durch einen Kanal oder ein Gerinne zugeführt wird, in dem es der Öffnung schon mit einer gröfseren Geschwindigkeit zufliefst. Mifst man nun die Druckhöhe (§ 55) im bewegten Wasser des Kanals und setzt m gleich Querschnitt der Öffnung geteilt durch Querschnitt des Kanals, wobei $m < 0{,}6$, so ist nach Weisbach folgender Ausflufskoeffizient anzuwenden, wenn μ denselben für normale Kontraktion bedeutet (§ 58):

$$\mu\,(1 + 0{,}641\ m^2).$$

§ 60.

Schützenöffnungen mit seitlicher Kontraktion und horizontalen, an den Boden des Behälters sich anschliefsenden, 3 m langen Ansatzgerinnen sind von Lesbros untersucht. Derselbe erhielt für 0,2 m breite und ebenso hohe Öffnungen, wenn die Höhe h_2 unmittelbar an der lotrecht stehenden Schütze von Oberkante der Mündung bis zum Wasserspiegel gemessen wurde, folgende Werte für die Ausflufskoeffizienten μ_2:

$h_2 =$	0,02 *m*	0,05 *m*	0,10 *m*	0,20 *m*	0,50 *m*	1,0 *m*	3,0 *m*
$\mu_2 =$	0,502	0,520	0,545	0,575	0,600	0,602	0,601

Liegt der *Ausflufs des Wassers* bei einer Schützenöffnung ganz *unter dem Unterwasserspiegel,* so ist als Druckhöhe der lotrechte Abstand des Oberwasserspiegels von dem des Unterwassers anzunehmen. Da diese für alle Stellen der Öffnung gleich grofs ist, so gilt dasselbe für die an verschiedenen Stellen des Querschnittes stattfindenden Geschwindigkeiten. Die Ausflufskoeffizienten sind nur in einzelnen Fällen genauer bekannt und daher im allgemeinen annähernd wie sonst anzunehmen.

§ 61.

Bei geneigten Schützen, bei denen an den Seiten und am Boden keine Kontraktionen stattfinden, sind nach Poncelet die Ausflufskoeffizienten bei einer Neigung der Schütze gegen den Horizont

von	40	45	50	55	60 *Grad*
gleich	0,83	0,81	0,79	0,76	0,74.

§ 62.

Überfälle in dünner Wand. Es sei AB (Fig. 158) die ebene und lotrechte Wand eines grofsen Wasserbehälters. Die vom Wasserspiegel ausgehende Länge AB denke man sich in eine sehr grofse Anzahl n gleicher Teile geteilt, von denen jeder gleich a sein mag. Der unterste dieser Teile a sei auch die Höhe einer rechteckigen Ausflufsöffnung mit der horizontal liegenden Breiteseite b. Dann wäre ab der Querschnitt dieser

Öffnung, und ihre Druckhöhe $AB - {}^1/_2 a$ sei gleich h. Die Menge q_n des in der Sekunde durch ab ausfliefsenden Wassers (§ 58) wird ohne Rücksicht auf Nebenwiderstände gefunden zu

$$q_n = b \,.\, a\sqrt{2gh}.$$

Wäre nicht das tiefste Teilchen a, sondern das nächste die Höhe einer entsprechenden Ausflufsöffnung, so wäre die in Betracht kommende Druckhöhe $h - a$; die in der Sekunde ausfliefsende Wassermenge q_{n-1} betrüge:

$$q_{n-1} = b \,.\, a\sqrt{2g(h-a)}.$$

Eine Ausflufsöffnung, von der das nächstfolgende Teilchen a die Höhe vorstellte, würde entsprechend ergeben

$$q_{n-2} = b \,.\, a\sqrt{2g(h-2a)}.$$

In dieser Weise denke man sich entsprechende Ausdrücke bis zum Wasserspiegel aufgestellt und dann alle einzeln betrachteten Öffnungen gleichzeitig vorhanden. Fliefst durch die so entstehende Öffnung von der Breite b und der Höhe $h + {}^1/_2 a$ die Wassermenge Q in der Sekunde, so ergibt die Rechnung:

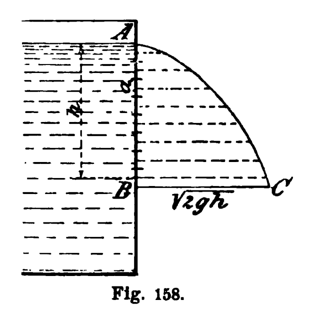


Fig. 158.

$$Q = q_n + q_{n-1} + q_{n-2} + q_{n-3} \dots.$$
$$= b \,.\, [a\sqrt{2gh} + a\sqrt{2g(h-a)} + \dots].$$

Denkt man sich nun über der Mitte jeder der gedachten Ausflufsöffnungen senkrecht zu AB die entsprechenden Werte

$$\sqrt{2gh},\ \sqrt{2g(h-a)}\ \dots$$

errichtet und deren Enden durch eine stetige Linie verbunden, so ist leicht zu erkennen, dafs der Inhalt der Fläche ABC dem Werte des oben eckig eingeklammerten Ausdruckes um so mehr gleichkommt, je kleiner a genommen wird. Möge nun a unendlich klein sein, dann ist BC gleich $\sqrt{2gh}$, AC ein Parabelbogen, mithin ABC gleich ${}^2/_3 h\sqrt{2gh}$. Setzt man diesen Wert oben ein, so folgt

$$Q = {}^2/_3 bh\sqrt{2gh}.$$

Eine, wie die betrachtete, bis zum Wasserspiegel reichende Ausflufsöffnung heifst ein *Überfall,* und zwar ein *vollkommener,* wenn der ausfliefsende Strahl, wie bei der Entwicklung der Formel vorausgesetzt, frei in die Luft herabfällt, der Spiegel des Unterwassers also tiefer liegt als die Überfallkante.

Der vorstehenden theoretischen Formel ist für praktische Rechnungen noch ein aus Beobachtungen stammender Ausflufskoeffizient μ (§ 63) hinzuzufügen, sodafs

$$Q = {}^2/_3 \mu bh\sqrt{2gh}.$$

Da die Werte von μ für Überfälle in dünner Wand recht genau bekannt sind, bilden diese meist das beste Mittel, um fliefsende Wassermengen genau zu messen. So wird z. B. in Oberitalien alles aus dem Cavour-Kanal verkaufte Wasser durch Überfälle gemessen.

§ 63.

Ausflufskoeffizienten für Überfälle in dünner Wand nach Lesbros bei normaler Kontraktion (§ 56) für Druckhöhen von 0,01 bis 0,60 m, die in 1 m Entfernung von der Überfallkante gemessen werden, gibt die folgende Tabelle für zwei Überfallbreiten (Fig. 159).

Für eine Breite $b = 0{,}2$ m und				Für eine Breite $b = 0{,}6$ m und			
$h =$	$^2/_3\mu =$	$h =$	$^2/_3\mu =$	$h =$	$^2/_3\mu =$	$h =$	$^2/_3\mu =$
0,01	0,424	0,08	0,397	0,06	0,412	0,30	0,391
0,02	0,417	0,10	0,395	0,10	0,406	0,40	0,391
0,04	0,407	0,15	0,393	0,15	0,400	0,50	0,391
0,06	0,401	0,20	0,390	0,20	0,395	0,60	0,390

Mufs man den Überfall in einen Kanal legen, in dem ihm das Wasser mit einer gewissen Geschwindigkeit zufliefst, wodurch die Kontraktion unvollkommen wird, so sind die Ausflufskoeffizienten nach Weisbach zu bestimmen, wie folgt. Ist n das Verhältnis von bh zum Querschnitt des Zuflufskanals und μ_2 der Ausflufskoeffizient für den Fall, dafs b kleiner ist als die Kanalbreite, während μ_3 den entsprechenden Wert für b gleich der Kanalbreite bedeutet, so gilt für:

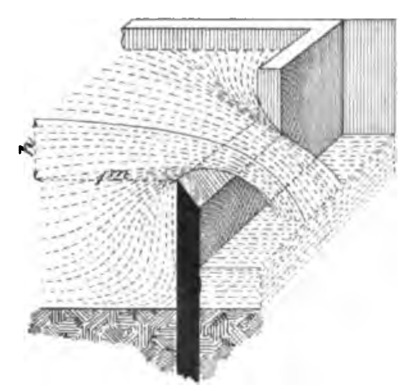


Fig. 159.

$n =$	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
$\mu_2 =$	1,000 μ	1,001 μ	1,003 μ	1,007 μ	1,014 μ	1,044 μ	1,107 μ
$\mu_3 =$	1,045 μ	1,049 μ	1,056 μ	1,064 μ	1,074 μ	1,100 μ	1,133 μ

Bei der praktischen Ausführung einer Wassermessung in kleineren Bächen benutzt man gewöhnlich zur Anbringung des Überfalleinschnittes eine mit Feder und Nut zusammengefügte Bretterwand, die 60 bis 100 cm in Boden- und Seitenwände des Bettes eingreift und mit Lehm oder Ton

hinterstampft wird. Ein Meter oberhalb derselben schlägt man einen Pfahl mit lotrechter Seitenfläche ein und bestimmt an derselben den Punkt P, der mit der Überfallkante gleich hoch liegt, durch Nivellement oder einfacher, bei langsamem Zulassen des Wassers, wenn der Wasserspiegel gerade mit der Überfallkante gleich hoch steht. P nimmt man als Nullpunkt eines geteilten Stabes, an dem man h abliest.

§ 64.

Hansen hat in ein rechteckiges Gerinne von 1,082 m Breite eine Wand von gleicher Breite und 0,514 m Höhe eingebaut und als Überfall ohne Seitenkontraktion benutzt. Er fand zwischen $h = 0{,}08$ und $0{,}360$ m Druckhöhe die Ausflufskoeffizienten $^2/_3\,\mu$ als lineare Funktion der letzteren und steigend von 0,415 bis 0,446. F. Frese findet für denselben Fall aus einer gröfseren Anzahl von Resultaten verschiedener Beobachter, wenn H die Wassertiefe im Kanal bedeutet und die Breite beliebig ist:

$$\mu = \left(0{,}615 + \frac{0{,}0021}{h}\right)\left[1 + 0{,}55\left(\frac{h}{H}\right)^2\right].$$

Derselbe findet entsprechend für Überfälle mit Seitenkontraktion in Kanälen von der Breite B, wenn b die Überfallbreite ist:

$$\mu = \left(0{,}5755 + \frac{0{,}017}{h + 0{,}18} - \frac{0{,}075}{b + 1{,}2}\right)\left[1 + \left(0{,}25\left(\frac{b}{B}\right)^2 + z\right)\left(\frac{h}{H}\right)^2\right],$$

$$\text{worin } z = 0{,}025 + \frac{0{,}0375}{\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 0{,}02}.$$

B. Durchflufs durch Röhren.

§ 65.

Bewegung des Wassers in Röhren. AB (Fig. 160) sei der Spiegel des zufliefsenden Wassers, das durch eine kreisförmige Röhre von der Länge l und dem Durchmesser d mit der Geschwindigkeit v bei C ausfliefst.

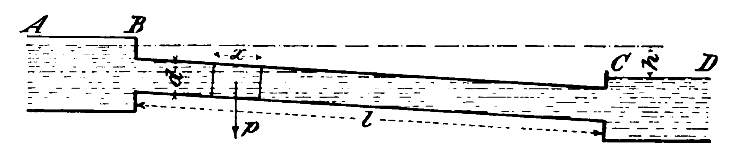


Fig. 160.

fliefst. Ist h der lotrechte Abstand des Oberwasserspiegels von dem Spiegel des Unterwassers (die Druckhöhe), so verliert jede kleine Gewichtsmenge p, welche durch die Rohrleitung herabsinkt, an Energie der Lage ph. Dagegen gewinnt p an Energie der Bewegung (§ 11) in der Röhre, wenn

wir die ursprüngliche Zuflufsgeschwindigkeit als unbedeutend annehmen, um $\frac{1}{2} \frac{p}{g} v^2$. Dieser Wert ist aber um den Betrag der Arbeit der Nebenwiderstände kleiner als ph. Was insbesondere die Reibung in der Röhre betrifft, so wollen wir zu ihrer Bestimmung annehmen, dafs p in der Röhre einen Zylinder von der Höhe x einnimmt. Dann lehrt die Erfahrung, dafs die Reibung proportional ist der Fläche $\pi d x$, in welcher der Zylinder die Röhre berührt. Es ist nun leicht auszurechnen, dafs die Gröfse dieser Berührungsfläche dem Durchmesser d der Röhre für dasselbe Gewicht p umgekehrt proportional ist. Mithin ist auch unter sonst gleichen Umständen die Reibung dem Durchmesser d der Röhre umgekehrt proportional. Aufserdem werde den Beobachtungen entsprechend angenommen, die Reibung vergröfsere sich im Verhältnis mit dem Quadrat der Geschwindigkeit v, oder was dasselbe sagt, sie wachse proportional der Geschwindigkeitshöhe (§ 7) $v^2 : 2g$. Ist also k der Wert der Reibung für die Einheit des Gewichts, des Durchmessers und der Geschwindigkeitshöhe, so ist für den Durchmesser d, das Gewicht p und die Geschwindigkeit v die Gröfse der Reibung: $k \frac{1}{d} \frac{v^2}{2g} p$ und ihre Arbeit für die Rohrlänge l gleich $k \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} p$. Jetzt ist noch die Arbeit des *Eintrittswiderstandes* zu berücksichtigen, der beim Eintritt des Wassers in die Rohrleitung entsteht und der sowohl p als der Geschwindigkeitshöhe proportional gesetzt werden kann, also gleich $ep(v^2 : 2g)$, wenn e den Wert derselben für die Einheit des Gewichts und diejenige der Geschwindigkeitshöhe bezeichnet. Nun ist die beim Fallen von p verschwindende Energie der Lage den von den Nebenwiderständen geleisteten Arbeiten und der erlangten Energie der Bewegung gleich zu setzen, oder

$$ph = e \frac{v^2}{2g} p + k \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} p + \frac{v^2}{2g} p$$

oder, da p sich forthebt,

$$h = \left(1 + e + k \frac{l}{d}\right) \frac{v^2}{2g}. \tag{1}$$

Was den Zahlenwert von e betrifft, so ist derselbe nach Weisbach gewöhnlich gleich 0,505, kann aber durch Abrundung der Eintrittsöffnung auf 0,08 herabgemindert werden. Der Wert von k ist nicht ganz unabhängig von v, sondern nach Weisbach folgender Tabelle entsprechend zu nehmen:

$v =$	0,10 m	0,20 m	0,30 m	0,5 m	1,0 m	2,0 m	5,0 m	10,0 m
$k =$	0,0444	0,0356	0,0317	0,0278	0,0239	0,0211	0,0187	0,0174

Die Formel (1) gestattet zu berechnen, wie viel Druckhöhe erfordert wird, um in einer Röhre von gegebenen Dimensionen eine bestimmte Geschwindigkeit hervorzubringen. Aus (1) sind andere Formeln, in denen v oder d als unbekannte Gröſsen betrachtet werden, leicht abzuleiten, z. B.

$$v = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 + e + k\frac{l}{d}}}. \tag{2}$$

Da aber k von v abhängt, ist zuerst ein Näherungswert von k, z. B. 0,03 einzusetzen, damit v zu berechnen und nun ev. mit einem verbesserten Werte die Rechnung zu wiederholen. — Nach v findet man die von der Rohrleitung in der Sekunde geführte Wassermenge Q gleich Querschnitt mal Geschwindigkeit:

$$Q = {}^1/_4 \pi d^2 v. \quad \text{Daraus folgt auch } v = \frac{4Q}{\pi d^2} = 1{,}2732\,\frac{Q}{d^2}. \tag{3}$$

Um für eine gegebene Wassermenge Q den Durchmesser der Rohrleitung zu finden, setze man diesen Wert von v in (1), dann entsteht

$$h = \left(1 + e + k\frac{l}{d}\right)\frac{16\,Q^2}{2g\pi^2 d^4} = \left((1+e)\,d + kl\right)\frac{16\,Q^2}{2g\pi^2}\cdot\frac{1}{d^5},$$

woraus

$$d = \sqrt[5]{\left((1+e)\,d + kl\right)\frac{16}{2g\pi^2}\cdot\frac{Q^2}{h}} = 0{,}6075\,\sqrt[5]{\left((1+e)d + kl\right)\frac{Q^2}{h}}. \tag{4}$$

In der letzten Formel müssen rechts k und d versuchsweise angenommen und nach den erzielten Resultaten verbessert werden, wobei das zur Bestimmung von k nötige v aus (3) berechnet wird.

§ 66.

Beispiele. 1. In einer Rohrleitung von 100 m Länge und 0,1 m Durchmesser flieſst das Wasser mit 1 m Geschwindigkeit. Es sollen die Druckhöhen bestimmt werden, die zur Erzielung der Geschwindigkeit von 1 m, zur Überwindung des Eintrittswiderstandes und der Röhrenreibung gehören. Man braucht zur Erlangung der Geschwindigkeit $v = 1$ m

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{1^2}{2\,.\,9{,}81} = 0{,}051 \text{ m} = 5{,}1 \text{ cm Druckhöhe.}$$

Für den Eintrittswiderstand unter gewöhnlichen Verhältnissen ist $e = 0{,}505$, mithin die entsprechende Druckhöhe gleich e mal der vorigen $= 5{,}1 \times 0{,}505 = 2{,}6$ cm. Der Koeffizient der Röhrenreibung für 1 m Geschwindigkeit ist (§ 36) 0,0239, daher für $d = 0{,}1$ und $l = 100$ die entsprechende Druckhöhe $= 0{,}0239\,\frac{100}{0{,}1}\,.\,0{,}051 = 1{,}219$ m oder 121,9 cm.

Die Gesamtdruckhöhe h ist also

$$h = 5{,}1 + 2{,}6 + 121{,}9 = 129{,}6 \text{ cm.}$$

2. Eine Röhre von 40 m Länge soll in jeder Sekunde 0,02 cbm Wasser liefern bei einer Druckhöhe von 1,5 m. Wie grofs ist ihr Durchmesser zu nehmen? — Setzt man für e den gewöhnlichen Wert, so folgt aus (4):

$$d = 0{,}608 \sqrt[5]{(1{,}505\, d + 40\, k) \frac{0{,}02^2}{1{,}5}} = 0{,}608 \sqrt[5]{0{,}0004\, d + 0{,}0107\, k}.$$

Setzt man versuchsweise $k = 0{,}02$ und vernachlässigt d unter der Wurzel, so kommt

$$d = 0{,}608 \sqrt[5]{0{,}000214} = 0{,}112 \text{ m; dann wird genauer}$$

$$d = 0{,}608 \sqrt{0{,}0004 \,.\, 0{,}112 + 0{,}000214} = 0{,}116 \text{ m}.$$

Diesem d entspricht ein Querschnitt $F = 0{,}0106$ qm, also eine Geschwindigkeit

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{0{,}02}{0{,}0106} = 1{,}89 \text{ m}.$$

Zu diesem v gehört $k = 0{,}0213$, mithin wird

$$d = 0{,}608 \sqrt[5]{0{,}0004 \,.\, 0{,}116 + 0{,}0107 \,.\, 0{,}0213} = 0{,}118 \text{ m}.$$

§ 67.

Neuere Versuchsresultate. Die oben angegebenen Werte des Koeffizienten k der Röhrenreibung sind folgender, einer grofsen Anzahl von Versuchen angepafsten Formel von Weisbach entnommen:

$$k = 0{,}01439 + \frac{0{,}0094711}{\sqrt{v}}.$$

Spätere Versuche von Darcy mit Röhren aus sehr verschiedenen Materialien von 0,012 bis 0,5 m Durchmesser und bei Geschwindigkeiten von 0,16 bis 5 m und 100 m Röhrenlänge ergaben eine gröfsere Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten von der Beschaffenheit der Röhrenwände, als man bis dahin vermutet hatte. Auch fand Darcy, dafs nicht, wie in der Weisbach'schen Formel, der Wert von k sich wesentlich mit der Geschwindigkeit ändere, sondern mit der Gröfse des Durchmessers d. Die Weisbach'sche Formel gilt für Metallröhren. Der nach Darcy's Angaben entsprechende Wert von k für neue Metallröhren bei Geschwindigkeiten über 0,2 m ist

$$k = 0{,}01989 + \frac{0{,}0005078}{d}.$$

Nach neueren Versuchen mit Wasserleitungen aus eisernen Röhren bis zu 1 m Durchmesser hat diese Darcy'sche Formel den Beobachtungen am besten entsprochen, sodafs man ihr bei praktischen Rechnungen den Vorzug geben wird.

Darcy gibt auch praktische Regeln für die Berücksichtigung der gröfseren Widerstände durch die während des Gebrauches in den Röhren entstehenden Rauhigkeiten.

a) Hat die Glätte der Innenfläche durch leichte Ablagerungen oder durch Rosten des Eisens gelitten, so bringe man, um eine gegebene Geschwindigkeit v zu erzielen, eine doppelt so hohe Druckhöhe in Anwendung, als die Rechnung für glatte Röhren ergibt; entsprechend setze man, um aus der gegebenen Druckhöhe die Geschwindigkeit zu ermitteln, in die für glatte Röhren geltende Formel nur den halben Wert der vorhandenen Druckhöhe ein.

b) Bringt das Leitungswasser im Laufe der Zeit die lichte Weite der Röhre verkleinernde Ablagerungen hervor, so ist deren schädlicher Einflufs um so gröfser, je kleiner der Röhrendurchmesser. Um den Röhren die nötige Leitungsfähigkeit zu erhalten, ist der berechnete Durchmesser um die doppelte Dicke der zu erwartenden Ablagerungen zu vergröfsern.

Diese Regeln haben selbstverständlich nur den Wert, die Aufmerksamkeit des Technikers auf die darin berührten Verhältnisse zu richten. Den guten Zustand der eisernen Röhren sucht man durch Überziehen derselben mit Teer und Asphalt zu erhalten. Ist dann das Wasser reines Quellwasser, so mag man Resultate wie in Danzig und Wiesbaden erzielen, wo nach fünf Jahren die Widerstände in den Röhren nicht merklich zugenommen hatten; während in der Hamburger Elbwasserleitung Röhren beobachtet worden sind, bei denen die Druckhöhe nach 19 Jahren mehr als das Zwanzigfache von derjenigen ausmacht, die man für den ursprünglichen Zustand durch Rechnung erhält. Durch Inkrustierung ist dort der Reibungswiderstand gewachsen und der Durchmesser vermindert worden.

k wurde von Weisbach für Holzröhren 1,75 mal gröfser gefunden, als oben für Metallröhren angegeben.

§ 68.

Lange Röhren. Bei der Berechnung von langen Rohrleitungen ist es meistens erlaubt, in den Formeln die rund das 1,5 fache der Geschwindigkeitshöhe betragenden Druckhöhenverluste beim Eintritt in die Rohrleitung zu vernachlässigen oder $1 + \varepsilon$ gleich Null anzunehmen. Die Formeln (1), (2), (4) § 65 erhalten dann folgende Gestaltung:

$$h = k \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}; \quad v = \sqrt{\frac{2g}{k} \cdot \frac{h}{l} \cdot d}; \quad d = 0{,}6075 \sqrt[5]{k \frac{l}{h} Q^2} = \sqrt[5]{\frac{16k}{2g\pi^2} \frac{l}{h} Q^2}.$$

Die letzte Formel ergibt bei Anwendung des **Darcy**'schen Wertes für k, und wenn $\frac{h}{l}$, *„das relative Gefälle der Rohrleitung"*, mit J bezeichnet wird, oder $\frac{l}{h} = \frac{1}{J}$:

$$d^5 = \frac{16k}{2g\pi^2} \cdot \frac{Q^2}{J}$$

$$\text{oder } \frac{J}{Q^2} = \frac{16(0{,}01989 + [0{,}0005078 : d])}{2g\pi^2} \cdot \frac{1}{d^5}.$$

In der folgenden Tabelle sind die zusammengehörigen Werte von d und $J : Q^2$ enthalten, um die Bestimmung von d zu erleichtern.

d cm	$\frac{J}{Q^2}$	d cm	$\frac{J}{Q^2}$	d cm	$\frac{J}{Q^2}$
1	58 393 600	7	1334	25	1,855
2	1 169 200	8	662	30	0,734
3	125 200	9	357	35	0,336
4	26 296	10	206	40	0,171
5	7 945	15	25,3	45	0,094
6	4 781	20	5,8	50	0,055

Beispiel: Eine Röhre von 1 % Gefälle soll 2 Liter Wasser in der Sekunde führen, wie grofs ist ihr Durchmesser zu nehmen? — Hier ist $J = 1 : 100$ und $Q = 0{,}002$, mithin $J : Q^2 = 10000 : 4 = 2500$. Die vorstehende Tabelle zeigt, dafs d zwischen 6 und 7 cm liegt. Es ist $4781 - 2500 = 2281$ und $2500 - 1334 = 1166$. Da $2281 : 1166$ rund wie $2 : 1$, wird der gesuchte Durchmesser rund 6,7 cm betragen müssen.

§ 69.

Einflufs der Krümmungen. Zeigt eine Rohrleitung im Längenprofil Senkungen und Hebungen, wie Fig. 161, so wird man auf Grund der Heberwirkung geneigt sein, bei der Rechnung das Gefälle der vom Einflufs bis zur Mündung gezogenen Linie AC als mafsgebend zu betrachten. Die Versuche in Danzig haben indessen ergeben, dafs die Rechnung nur dann richtige Resultate liefert, wenn man blofs das Gefälle der Linie AB als mafsgebend für die ganze Leitung annimmt. Dies widerspricht übrigens der Theorie nicht, wenn vorausgesetzt wird, das Rohr enthalte auf der Strecke BC so viel Luft, dafs es nicht voll laufen kann.

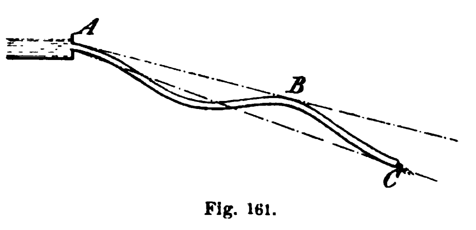


Fig. 161.

Kurze Krümmungen oder Kniee vermehren stets den Widerstand in der Rohrleitung und beanspruchen deshalb zu ihrer Überwindung einen Teil der Druckhöhe, den man nach Weisbach findet, wenn man die Geschwindigkeitshöhe mit dem Widerstandskoeffizienten multipliziert.

Der Widerstandskoeffizient ζ für ein Knie, dessen Schenkel unter einem Winkel δ zusammenstoſsen, ist für

$\delta =$	160°	140°	120°	100°	90°	80°
$\zeta =$	0,046	0,139	0,364	0,470	0,984	1,26

Sind die Schenkel durch ein nach einem Kreise vom Radius R gebogenes Rohr vom Querschnittsradius r verbunden und ist $r : R = n$, ferner β der Mittelpunktswinkel des gekrümmten Teiles in Graden, so ist nach Versuchsergebnissen der Druckhöhenverlust:

$$h = \zeta \frac{\beta}{90} \frac{v^2}{2g},$$

worin für

$n =$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0
$\zeta =$	0,131	0,138	0,158	0,206	0,294	0,977	1,978

Kurven von 3,12 m Radius haben in der Danziger Leitung keine merklichen Druckverluste ergeben.

C. Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen.

§ 70.

Allgemeine Erklärungen. Das Wasser flieſst entweder in von der Natur gebildeten *Betten* und bildet *Ströme, Flüsse, Bäche,* oder in künstlichen *Kanälen, Gräben, Rinnen* oder *Gerinnen.*

Bildlich dargestellt wird der Wasserlauf durch Lageplan, Quer- und Längenprofile. Die Querprofile zeigen den Durchschnitt einer senkrecht zur Richtung der mittleren Bahn der Wasserteilchen gestellten lotrechten Ebene mit der Erd- und Wasseroberfläche und gewöhnlich auch mit der wagrechten Ebene *(Horizont),* worauf sich die angegebenen Höhen beziehen. Die Verbindungslinie der tiefsten Stellen aller Querprofile heiſst *Sohle.* Denkt man sich durch jeden Punkt der Sohle eine lotrechte Linie, so bildet die Gesamtheit derselben eine abwickelbare Fläche, die man sich in eine Ebene ausgebreitet (abgewickelt) denken kann. Trägt man *Sohle, Wasserspiegel,* die beiden *Uferlinien* und den *Horizont* in die abgewickelte Fläche ein, so hat man ein vollständiges *Längenprofil* des Wasserlaufes. Bisweilen folgt man mit dem Längenprofil

auch den Mitten der *Wasserbreiten,* in denen das Querprofil die Wasseroberfläche schneidet.

§ 71.

Der Wasserspiegel im Längenprofil bildet eine geneigte Linie, deren Neigungswinkel gegen den Horizont sein *Abhang* genannt wird. Den lotrechten Abstand zweier Punkte des Wasserspiegel-Längenprofils (die Differenz ihrer Höhen gegen den Horizont) nennt man *absolutes Fallen* (oder Gefälle) für die betreffende Flufsstrecke. Dividiert man es durch die Länge derselben, so hat man das *Fallen auf die Längeneinheit,* das *relative Gefälle* (auch Rösche genannt) oder kurz Gefälle.

§ 72.

Berechnung der Wassermenge. Die Berechnung der Wassermenge eines durch bildliche Darstellung gegebenen Wasserlaufes ist nur möglich unter Annahmen, die in der Natur niemals ganz erfüllt sind. Indessen

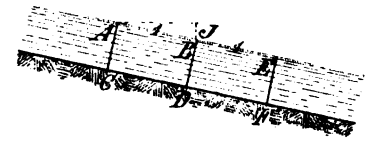


Fig. 162.

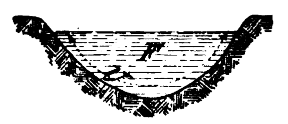


Fig. 163.

ist doch die Entwicklung von Formeln notwendig, um auf ihnen mit Hilfe von Beobachtungsresultaten praktisch brauchbare Regeln aufzubauen.

Es möge also angenommen werden, dafs das Wasser sich in einem Bette bewegt, dessen Sohle geradlinig und dessen Querprofil überall dasselbe ist. Die Bewegung aller Wasserteile erfolge mit der gleichförmigen, bei allen gleichen Geschwindigkeit v in parallelen Bahnen, sodafs Reibung nur da stattfindet, wo Wasser und Bett sich berühren.

Man betrachte im Längenprofil (Fig. 162) einen Wasserkörper $ABDC$ mit der Länge $AB = 1$, der von zwei Querprofilen vom Flächeninhalt F begrenzt wird und von seiner ursprünglichen Lage nach $BEFD$ gelangt ist. Dabei hat sich die Höhenlage jedes Wasserteilchens um den Betrag J des Fallens auf die Längeneinheit vermindert. Bezeichnet also P das Gewicht des ganzen Wasserkörpers, so hat dessen Arbeitsvermögen um PJ abgenommen. Da die Energie der Bewegung nicht zugenommen hat, ist diese Arbeit zur Überwindung der Reibung am Bett verbraucht, welche entsprechend der Röhrenreibung proportional ist dem Quadrate der Geschwindigkeit v des Wassers und der Gröfse der Fläche, in welcher das Bett berührt wird. Bezeichnet U im Profil (Fig. 163) die Länge des vom Wasser benetzten Umfanges, so ist jene Fläche gleich $U \,.\, 1$. Ferner sei die

Gröfse der widerstehenden Kraft für $v = U = 1$ mit a bezeichnet, dann ist sie allgemein gleich aUv^2 zu setzen und die von ihr verbrauchte Arbeit $1 . aUv^2$, mithin

$$PJ = aUv^2.$$

Bezeichnet w das Gewicht von 1 cbm Wasser (1000 kg), so ist $P = wF$. Dies in die vorige Gleichung eingeführt, liefert

$$wFJ = aUv^2 \text{ oder } v^2 = \frac{w}{a}\frac{F}{U}J.$$

Das Verhältnis $\frac{F}{U}$, welches *mittlerer Radius* heifst, sei mit R, und $\sqrt{\frac{w}{a}}$ mit k bezeichnet, dann wird

$$v = k\sqrt{JR}.$$

Diese Formel kann schon deshalb die wirkliche Bewegung des Wassers nicht genau darstellen, weil sie voraussetzt, dafs die Geschwindigkeit an allen Stellen des Wasserquerschnitts dieselbe sei, während die Beobachtung lehrt, dafs sie um so gröfser wird, je weiter man sich vom Bett entfernt. Da man indessen nichts Besseres hat, so benutzt man die Formel, um durch geeignete Wahl des Wertes von k die Beobachtungen möglichst genau darzustellen. Dabei mufs man unter v die *mittlere* Wassergeschwindigkeit verstehen, d. h. diejenige Geschwindigkeit, die, wenn sie allen Wasserteilchen gemeinsam wäre, ebensoviel Wasser durch den Querschnitt bringen würde, als in Wirklichkeit durchfliefst. Dies vorausgesetzt, wird man k aus möglichst vielen Beobachtungen ableiten. In unserer Wasserbautechnik hat lange Zeit der von Eytelwein ermittelte Wert $k = 50,9$ sich eines grofsen Ansehens zu erfreuen gehabt. Indessen wollten weder die späteren umfangreichen Versuche von Humphreys und Abbot am Mississippi, noch diejenigen, welche Darcy und Bazin mit einem Versuchskanal von rund 690 m Länge, 2 m Breite und 1 m Tiefe, der nach und nach verschiedenartige Wände erhielt, und Gefälle von 1 : 1000 bis 9 : 1000, sich in genügender Weise durch ein k von unveränderlichem Zahlenwert darstellen lassen. Die letztgenannten Versuche zeigten namentlich, dafs k wesentlich von der Oberflächenbeschaffenheit des Bettes abhängt (von dem „*Rauhigkeitsgrade*") und bei ganz glatten Wänden viel gröfser ist, als bei Wänden aus Erde oder rauhen Steinen. Ferner fand Bazin, dafs man, um die Versuche genügend darzustellen, eine Abhängigkeit zwischen k und dem mittleren Radius R annehmen müsse, wie sie die umstehende Tabelle angibt. Die Werte derselben wird man gebrauchen, wenn das Gefälle und der Kanalquerschnitt sich nicht zu sehr von den oben angegebenen Versuchswerten entfernen.

§ 73.

Werte von k nach den Versuchen von Bazin für Kanalwände in Erde und solche mit Gerölle für verschiedene Werte von R.

$R =$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,0	2,0	3,0	4,0
für Erde $k =$	16,3	22,2	26,3	29,4	34,0	37,3	39,8	46,9	50,2	52,2
für Geröll $k =$	11,6	16,0	19,1	21,6	25,3	28,0	30,2	36,5	39,7	41,7

§ 74.

Durch das Suchen nach allgemein anwendbaren Ausdrücken, welche den gemachten Beobachtungen möglichst genau entsprechende Werte ergeben und deshalb auch für zwischenliegende Fälle Richtiges erhoffen lassen, sind eine grofse Anzahl von Formeln entstanden, die sich sämtlich gewissen Beobachtungen gut anschliefsen, in andern Fällen aber abweichende Resultate ergeben. Ein genaueres Eingehen dürfte in einer so kurzen Schrift nur verwirrend wirken, da der Praktiker im gegebenen Falle doch nicht weifs, welchen Resultaten er am meisten Wahrheit beimessen soll. Deshalb möge es genügen, die Formel von Ganguillet und Kutter, die sich den Versuchen von Darcy und Bazin ebenso gut anschliefst, als denen am Mississippi, also den kleinsten und den gröfsten Verhältnissen, hier ausführlich zu behandeln. Aufser dem allgemeinen Vertrauen, das ihr schon seit Jahren entgegengebracht wird, hat sie noch den grofsen Vorzug, dafs Ingenieur Kutter in Bern nach ihren Ergebnissen umfangreiche Tabellen berechnet hat, aus denen man ohne Mühe für Gräben und Kanäle die Wassermengen, Geschwindigkeiten und Gefälle entnehmen kann. Für die Berechnung der Wassermengen natürlicher Flüsse aus Messungen von Profilen und Gefällen gibt die Formel Resultate, die, wie diejenigen aller übrigen, von den Beobachtungen mehr oder weniger abweichen. Indessen kann das auch nicht anders sein, solange es nicht gelingt, ohne die jetzt üblichen, der Wirklichkeit nicht voll entsprechenden Voraussetzungen die Gesetze der Bewegung des Wassers abzuleiten.

§ 75.

Die Formel von Ganguillet und Kutter benutzt als Grundlage den oben abgeleiteten Ausdruck

$$v = k\sqrt{JR},$$

indessen wird k, wie bei Bazin, als abhängig vom mittleren Radius und aufserdem nach den Ergebnissen am Mississippi auch als abhängig vom Gefälle J angenommen; es wird nämlich gesetzt:

$$k = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}.$$

Darin drückt der Koeffizient n den Einfluſs der Beschaffenheit des Fluſsbettes, den sogenannten *„Rauhigkeitsgrad“* aus. Sein Wert für jeden besonderen Fall ist der Schätzung, gemäſs der Anleitung der folgenden Tabelle, überlassen.

Gattung	Beschaffenheit des Bettes	n	$\frac{1}{n}$
I	Gehobeltes Holz, glatter Zement	0,010	100
II	Rohe Bretter	0,012	83
III	Behauene Quadern, gute Ziegel	0,013	77
IV	Bruchsteine	0,017	59
V_1	Erde, steiniger Boden, wenig Pflanzen (kleine Kanäle)	0,025	40
V_2	Erde mit Pflanzen und Gras, auch felsig mit Steinwürfen (kleine Kanäle)	bis	bis
V_3	Wie in natürlichen Bächen und Flüssen, Weser, Seine etc.	0,03	33
VI	Gewässer mit Geschieben, vielen Wasserpflanzen, ohne Unterhaltung	0,03—0,035	33—29

§ 76.

Vorteilhaftestes Querprofil. Bei Anlage eines Kanals, für den das Gefälle und die Wassermenge durch die örtlichen Verhältnisse gegeben sind, wird man sich stets fragen, mit welcher Form des Profils man den Zweck unter Aufwendung der geringsten Mittel erreicht. Da nun zuweilen die Kosten dem Inhalte F des Querprofils proportional sind, so gehört hierher die Untersuchung, welche Gestalt man dem Querprofil geben muſs, damit es beim kleinsten Inhalt die gegebene Wassermenge Q mit dem vorhandenen Gefälle J befördert.

Hierbei wird wegen $Q = Fv$ offenbar F um so kleiner, je gröſser v ist, und da $v = k\sqrt{JR}$, wird v um so gröſser, je gröſser der mittlere Radius R ist.

Demnach erscheint diejenige Gestalt des Profils als die vorteilhafteste, bei der für einen bestimmten Wert der Gröſse F des Querschnitts der mittlere Radius den gröſsten Wert erreicht.

Die diesbezüglichen mathematischen Untersuchungen ergeben, daſs der Halbkreis, dessen wagrechter Durchmesser in die Wasseroberfläche

fällt, unter allen möglichen Figuren von gleichem Inhalt das gröfste R ergibt. Will man aber eckige Formen anwenden, so sind am günstigsten die Hälften regulärer n-Ecke, bei denen der wagrecht liegende Durchmesser des eingeschriebenen Kreises in die Wasseroberfläche fällt. Für den *rechteckigen Kanal* ist mithin die Tiefe gleich der halben Sohlenbreite zu nehmen u. s. f. Die genannten Formen eignen sich nicht zur Ausführung in Erde. Für diese ist die Trapezform (Fig. 164) üblich. Bezeichnet b die Sohlenbreite, a die Wassertiefe und δ den Neigungswinkel der Böschung gegen den Horizont, so ist für das vorteilhafteste Querprofil

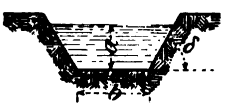


Fig. 164.

$$a = \sqrt{\frac{F \sin \delta}{2 - \cos \delta}}; \quad b = \frac{F}{a} - a \cot \delta; \quad \frac{a}{b} = \frac{1}{2} \cot \frac{\delta}{2}.$$

Für $\delta =$	90^0	60^0	45^0	$36^0\,52'$	$33^0\,41'$	30^0	$26^0\,34'$
ist die Böschung	0,00	0,58	1,00	1,33	1,50	1,73	2,00 fach
und $\frac{a}{b} =$	0,50	0,87	1,21	1,50	1,65	1,87	2,12.

§ 77.

Beispiel. Es ist ein Kanal in Erde mit $1^1/_2$facher Böschung anzulegen, der bei einem Gefälle von 1 : 1000 eine Wassermenge von 120 l in der Sekunde befördert. Die Sohlenbreite b und die Wassertiefe a sollen bestimmt werden. — Da die Aufgabe verschiedene Lösungen zuläfst, wollen wir zuerst diejenige suchen, bei welcher das Querprofil nach § 76 die vorteilhafteste Gestalt hat, oder $a = 1{,}65\,b$, dann ist

$$F = a(b + 1{,}5\,a) = 1{,}65\,b\;(b + 1{,}5\,.\,1{,}65\,b) = 5{,}74\,b^2,$$

$$U = b + 2\sqrt{a^2 + (1{,}5\,a)^2} = b + 2\sqrt{(1{,}65\,b)^2 + (1{,}5\,.\,1{,}65\,b)^2}$$

$$= b(1 + 1{,}65\sqrt{13}) = 6{,}96\,b. \quad R = \frac{F}{U} = \frac{5{,}74}{6{,}96}\,b = 0{,}825\,b.$$

Bezeichnet nun v die mittlere Geschwindigkeit des Wassers, so ist

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{0{,}120}{5{,}74\,b^2} = k\sqrt{JR} = k\sqrt{0{,}001\,.\,0{,}825\,b} = 0{,}0287\,k\sqrt{b}$$

$$\text{oder} \quad \frac{1}{b^2\sqrt{b}} = 1{,}37\,k.$$

Diese Gleichung ist nur durch Probieren zu lösen. Setzt man versuchsweise $b = 0{,}25$, so folgt $R = 0{,}825 \times 0{,}25 = 0{,}206$, demnach aus § 73 der Wert $k = 22{,}5$, mithin

$$\frac{1}{b^2\sqrt{b}} = 32 = 1{,}37\,.\,22{,}5 = 30{,}8.$$

Demnach müfste b noch etwas gröfser genommen werden. Der nächste praktisch in Betracht kommende Wert ist 0,26. Dafür wird

$R = 0{,}825 \times 0{,}26 = 0{,}215$, mithin $k = 22{,}9$, also

$$v = 22{,}9 \sqrt{0{,}001 \,.\, 0{,}215} = 0{,}0229 \sqrt{215} = 0{,}336 \text{ m.}$$

Ferner ist $F = 5{,}74 \,.\, (0{,}26)^2 = 5{,}74 \,.\, 0{,}0676 = 0{,}388$. Demnach die geführte Wassermenge

$$Q = F \,.\, v = 0{,}388 \,.\, 0{,}336 = 0{,}130.$$

Berechnet man auch für $b = 0{,}25$ die Wassermenge, so erhält man $Q = 0{,}110$. Eine praktisch kaum mit Sicherheit inne zu haltende Gröfse von 1 cm in der Sohlenbreite beeinflufst also die geführte Wassermenge um 20 l in der Sekunde, oder um 1 : 6 des Betrages von 120 l.

§ 78.

Die Geschwindigkeit des fliefsenden Wassers darf eine von der Beschaffenheit des Bettes abhängige Gröfse nicht überschreiten, weil sonst der Boden angegriffen und fortgeführt würde. Als höchstens zulässige Werte für die *mittlere* Geschwindigkeit in Betten werden angegeben für Wände aus schlammiger Erde und Töpferton 0,11, für fetten Ton 0,23, festen Flufssand 0,46, kiesigen Boden 0,96, grobsteinigen Boden 1,23, Konglomerat von Schieferstücken 1,86, lagerhafte Gebirgsarten 2,27, harte Felsarten 3,69. Vergl. damit *Sohlen*geschwindigkeiten Teil II, S. 48.

§ 79.

Ungleichförmige Bewegung des Wassers. Aus der Formel $v = k \sqrt{JR}$ läfst sich die Geschwindigkeit des fliefsenden Wassers berechnen, wenn Querschnitt und Gefälle des Wasserlaufes gegeben sind. Es entsteht aber die Frage, wie man zu rechnen hat, wenn auf der gegebenen Flufsstrecke der Querschnitt nicht derselbe bleibt, sondern sich stetig von F_1 in F_2 verändert. Dann ermittle man den mittleren Radius für den ersten und für den letzten Querschnitt und nehme aus beiden das Mittel. Für diesen Wert von R und das gemessene Gefälle berechne man den zugehörigen Wert von v aus $v = k \sqrt{JR}$ entsprechend dem mittleren Profil $(F_1 + F_2) : 2$, dessen Wert gleich F gesetzt werden möge. Die Geschwindigkeit im ersten Profile würde dann sein, da durch alle Profile dieselbe Wassermenge fliefst, $v_1 = (F : F_1)v$ und im letzten $v_2 = (F : F_2)v$. Ist nun $v_1 > v_2$, so hat die Energie der Bewegung auf das kg abgenommen um $(v_1^2 : 2g) - (v_2^2 : 2g)$. Diese verschwundene Energie der Bewegung ist nun neben der durch das Fallen h auf der betrachteten Strecke, deren Länge l sein möge, $(J = h : l)$, verlorenen Energie der Lage zur Überwindung der Widerstände verbraucht. Demnach war es nicht richtig, in der Formel $v = k \sqrt{JR}$ das Gefälle $J = h : l$ zu setzen, sondern es mufs für h gesetzt werden $h + (v_1^2 : 2g) - (v_2^2 : 2g)$. Mit diesem verbesserten Werte des Gefälles ist nun die Rechnung zu wiederholen, und dann kann angenommen werden, dafs v genau genug die im Mittelprofil F herrschende

Geschwindigkeit angibt und $Fv = Q$ die geführte Wassermenge. Zur Kontrolle kann man indessen noch einmal die Werte von v und Q unter der Voraussetzung berechnen, dafs einmal der erste und dann der zweite Querschnitt auf der ganzen Strecke bestehen bliebe, wobei das verbesserte Gefälle in die Formel eingesetzt wird. Man wird dann die Wassermenge im ersten Falle zu klein, im zweiten zu grofs finden, und das Mittel als wahrscheinlichsten Wert annehmen.

Für den Fall, dafs $v_1 < v_2$, ist eine Zunahme der Energie der Bewegung erfolgt und das gemessene Fallen demnach gröfser, als dem Arbeitsverbrauch durch die Widerstände entspricht. Demnach mufs man die Differenz der v_1 und v_2 entsprechenden Geschwindigkeitshöhen in Abzug bringen, um das verbesserte Fallen zu erhalten. Letzteres ist also ganz allgemein gleich

$$h + ([v_1^2 : 2g] - [v_2^2 : 2g]).$$

§ 80.

Der Einflufs von Gefällen über 0,3 bis 0,5 m für das km auf die Gröfse von k wird meist wenig in Betracht kommen. Deshalb pflegt man für gewöhnlich k aus folgender Tabelle nach Kutter und Grebenau zu entnehmen, in der nur seine Abhängigkeit von R berücksichtigt wird. Überhaupt darf man niemals vergessen, dafs, schon wegen der Schätzung des Rauhigkeitsgrades, allen diesen Rechnungen nur ein beschränkter Grad von Genauigkeit zukommt.

Tabelle der Werte von k in der Formel $v = k\sqrt{JR}$ nach Kutter und Grebenau.

Mittlerer Radius $R = \frac{F}{U}$ m	Werte von k für die Gattungen des § 75							
	I	II	III	IV	V_1	V_2	V_3	VI
0,01	45,5	27,0	23,2	15,2	9,7	7,6	5,6	3,9
0,03	59,0	39,0	33,1	23,6	15,7	12,4	9,4	6,6
0,05	65,1	45,3	39,0	28,6	19,4	15,5	11,8	8,4
0,07	68,8	49,5	43,1	32,1	22,2	17,8	13,7	9,8
0,10	72,5	53,9	47,5	36,1	25,4	20,6	15,9	11,5
0,13	74,7	56,9	50,5	39,0	27,8	22,7	17,7	12,8
0,15	76,3	58,9	52,5	40,9	29,4	24,1	18,9	13,7
0,20	78,8	62,3	56,1	44,4	32,4	26,8	21,1	15,5
0,25	80,4	64,7	58,6	47,0	34,8	28,9	22,9	17,0
0,30	82,0	67,0	61,0	49,5	37,1	31,0	24,7	18,4
0,40	84,0	70,1	64,4	53,0	40,4	34,1	27,5	20,6

(Fortsetzung der Tabelle von S. 415.)

Mittlerer Radius $R = \frac{F}{U}$ m	Werte von k für die Gattungen des § 75							
	I	II	III	IV	V_1	V_2	V_3	VI
0,50	85,5	72,4	66,9	55,8	43,2	36,7	29,7	22,5
0,60	86,6	74,2	68,9	58,1	45,5	38,9	31,7	24,1
0,80	88,2	76,8	71,9	61,5	49,0	42,3	34,9	26,8
1,00	89,3	78,7	74,0	64,1	51,8	45,0	37,5	29,1
1,50					56,1	49,4	41,7	32,9
2,00					60,3	53,7	45,9	36,7
3,00					65,0	58,7	50.9	41,5
4,00					68,3	62,1	54,5	45,0
6,00					72,5	66,8	59,5	50,1

§ 81.

Berechnung des Rückstaues. Will man natürliche Wasserläufe zum Betriebe von Mühlen, zur Wiesenbewässerung oder dergl. benutzen, so ist man meistens genötigt, durch eine Stauanlage (Wehr oder dergl.) den von Natur gegebenen Wasserspiegel zu heben. Diese Hebung würde sich auch bei ruhendem Wasser von der Stauanlage rückwärts fortpflanzen und der Rückstau (die sogen. *hydrostatische Stauweite*) würde bis dahin reichen, wo der wagrechte neue Wasserspiegel den früheren trifft. Dagegen wird die wirkliche (die *hydraulische*) *Stauweite* sich weiter erstrecken, nach Funk bis zur $1^1/_2$ fachen hydrostatischen, nach andern bis zur 2 fachen. Indessen sind diese Angaben nicht als hinreichend begründet zu erachten. Ebensowenig lassen sich Sasses Beobachtungen an Weser und Saale, dafs der Rückstau oder die sogenannte *Staukurve* (Längsschnitt der neuen Oberfläche des Wassers) da beginnt, wo im Längenprofil die Horizontale durch die Wehrkrone die Sohle des Oberwassers trifft, auf andere Fälle übertragen.

Um zu besser begründeten Resultaten zu gelangen, wird man alle 50—100 m (ev. auch in kleineren oder gröfseren Entfernungen) oberhalb der Stauanlage Querprofile des Wasserlaufes aufnehmen und die abzuführende Wassermenge Q, für welche die Staukurve ermittelt werden soll, bestimmen. Die Querprofile sind auf einen gemeinsamen Horizont zu beziehen, und in dem ersten, das an der Stauanlage liegt, ist die Höhe des gestauten Wasserspiegels anzugeben. Für dieses kann man dann den Flächeninhalt F_1, den benetzten Umfang U_1, und daraus den mittleren Radius R_1 bestimmen. Mit Hilfe der Tabelle des § 80 erhält man dann das zugehörige k. Nun nimmt man vorläufig an, für die erste Strecke

oberhalb der Stauanlage sei der Querschnitt bis zum zweiten Profil gleich F_1, und berechnet das Gefälle J_0, welches unter diesen Umständen nötig wäre, um die Wassermenge Q zu fördern. Dazu hat man die Formel von § 72

$$v_1 = \frac{Q}{F_1} = k\sqrt{J_0 R_1}, \text{ worin } R_1 = \frac{F_1}{U_1}$$

oder

$$J_0 = \frac{v_1^2}{k^2 R_1} = \frac{Q^2 U_1}{k^2 F_1^3}.$$

Ist nun l_1 die Länge der Strecke zwischen den beiden ersten Profilen, so wäre die Wasserhöhe h für das zweite Profil

$$h_2 = h_1 + J_0 l_1.$$

Jetzt kann man ebenso, wie vorhin für das erste, für das zweite Profil F_2, U_2 und R_2 ermitteln und daraus das Gefälle J_1, welches ein Wasserlauf mit dem unveränderlichen Profil F_2 haben müfste, um die Wassermenge Q zu führen. Nun würde das wirklich zwischen dem ersten und zweiten Profil stattfindende Gefälle zwischen J_0 und J_1 liegen, wenn die beiden Profile F_1 und F_2 gleiche Gröfse hätten. In der Regel wird aber $F_1 > F_2$ sein, mithin auch die mittlere Geschwindigkeit $v_2 = Q : F_2$ des Wassers in F_2 gröfser sein als diejenige $v_1 = Q : F_1$ in F_1. Man würde daher, streng genommen, das ganze Fallen für die erste Strecke um die Differenz der Geschwindigkeitshöhen $(v_2^2 : 2g) - (v_1^2 : 2g)$ zu vermindern haben. Ist letztere Differenz d, so wäre also ein besserer Wert für die Höhe des Wassers im zweiten Profil

$$h_2 = h_1 + ([J_1 + J_2]\, l : 2) - d.$$

Durch Wiederholung der Rechnung für diesen neuen Wert liefse sich derselbe noch verbessern. Indessen ist im allgemeinen für praktische Zwecke eine zu subtile Genauigkeit nicht angezeigt, man wird nur immer so rechnen müssen, dafs kein zu kleiner Wert des Rückstaues herauskommt, denn es ist immer zu berücksichtigen, ob die Gestalt des Flufsbettes, die man bei Anlage des Wehres vorfand, sich auch wird erhalten lassen. In den meisten Fällen ist es wahrscheinlich, dafs der Flufs an den tieferen Stellen vor dem Stau auch von oben kommendes Geschiebe oder Detritus ablagern wird, wegen der geringeren Wassergeschwindigkeit. Namentlich ist dies zu befürchten, wenn bei Hochwasser der Stau nicht zeitweise aufgehoben und eine gründliche Spülung des Bettes bewirkt werden kann.

Meistens wird man deswegen die Erniedrigung des Gefälles durch Berücksichtigung der abnehmenden Geschwindigkeit ganz vernachlässigen und von Profil zu Profil so weit rechnen, bis der erhaltene Wasserspiegel dem ursprünglichen auf zu vernachlässigende Gröfsen nahe kommt. Übrigens läfst sich die Erniederung des Gefälles durch die abnehmende

Geschwindigkeit des Wassers von vornherein in ihrer ganzen Gröfse überschlagen, indem man die Geschwindigkeit im ungestauten Flufsprofil mit derjenigen im Profil unmittelbar vor der Stauanlage vergleicht. Danach läfst sich beurteilen, ob es überhaupt nötig erscheint, diese Gröfse zu berücksichtigen.

Die meist sehr umständlichen Rechnungen lassen sich sehr abkürzen, wenn die Begrenzungen der Profile sich nur durch verschieden hohe Wasserstände unterscheiden. Es sind dann die Gröfsen F, U, R und das zugehörige J nur von der Wassertiefe abhängig. Man wird sich also für runde Wassertiefen diese Gröfsen ausrechnen und sie nach geeignetem Mafsstab als Ordinaten, die zugehörigen Wassertiefen als Abscissen auftragen und die erhaltenen Punkte stetig verbinden. Die so entstehenden Kurven geben dann ohne weiteres für jede Wassertiefe die erforderlichen Gröfsen.

§ 82.

Einflufs der Krümmungen. Natürliche Wasserläufe sind selten auf längere Strecken geradlinig, und die Krümmungen haben eine Tendenz, sich zu vergröfsern. Beim Übergange von dem geraden zum krummen Lauf hat nämlich die Wassermasse ein Bestreben, vermöge ihres Beharrungsvermögens in gerader Linie weiter zu fliefsen. Dadurch entsteht am hohlen Ufer eine gröfsere Wassergeschwindigkeit, welche dies Ufer angreift und durch Fortführung von Stoffen die Krümmung vergröfsert. Dagegen wird die Geschwindigkeit am konvexen Ufer vermindert, und es lagern sich hier Sinkstoffe ab, welche das mit schnellerer Bewegung ankommende Wasser mitbrachte. So liegt das eine Ufer im *Abbruch,* während das andere *anlandet.* Auf diese Weise ist die Natur bemüht, dem Flusse eine immer gröfsere Länge zu verschaffen. Dadurch werden Gefälle und Geschwindigkeit so weit vermindert, bis schliefslich ein Gleichgewichtszustand eintritt, bei dem das Wasser so langsam fliefst, dafs es überhaupt sein Bett nicht mehr angreift. — Auch ist es von Interesse, die Erhebung des Wasserspiegels anzudeuten, die durch den Einflufs der Zentrifugalkraft am hohlen Ufer entstehen mufs. Nehmen wir beispielsweise an, das Wasser hätte eine Geschwindigkeit $v = 1$ m und bewege sich in einer kreisbogenförmigen Krümmung vom Radius $r = 10$ m, dann wäre die wagrechte, senkrecht zur Bahn gerichtete Zentrifugalkraft für 1 kg Wasser gleich $v^2 : gr$, oder wenn man die gegebenen Zahlenwerte einsetzt, $1^2 : 9{,}81 . 10$, wofür rund 0,01 gesetzt werden mag. Die Zentrifugalkraft eines Wasserteilchens wäre also gleich 0,01 seiner Schwerkraft. Setzt man nun diese beiden auf alle Wasserteilchen je horizontal und lotrecht wirkenden Kräfte zu einer Resultierenden zusammen, so bildet diese mit dem Lot einen Winkel, dessen Tangente gleich 0,01 ist. Wie wir schon früher

gesehen haben (§ 43), steht der Wasserspiegel stets senkrecht zu den Richtungen der Kräfte, die auf jedes Wasserteilchen einwirken. Demnach mufs also die Oberfläche des Wassers um denselben Winkel gegen die wagrechte Richtung geneigt sein. Auf 1 m Länge, in radialer Richtung gemessen, mufs also der Wasserspiegel um 0,01 m oder 1 cm ansteigen.

D. Wassermessungen in Flüssen und Kanälen.

§ 83.

Gefällmessungen. Aus vorstehendem ist zu ersehen, wie vorsichtig man bei Gefällmessungen verfahren mufs, um nicht in grobe Fehler zu verfallen. Jedenfalls ist an allen Krümmungen der Wasserstand an beiden Ufern zu messen. Auch da, wo durch rasche Vergröfserung der Geschwindigkeit ein schnelles Fallen, oder durch die umgekehrten Verhältnisse ein schnelles Steigen des Wasserspiegels erfolgt, hat man die Messungen so auszuführen, dafs diese Verhältnisse deutlich hervortreten. Gewöhnlich will man durch Messen des Gefälles die auf Uberwindung der Bewegungshindernisse verwendete Arbeit bestimmen. Man darf dann aber niemals vergessen, dafs dies nur für solche Strecken richtig ist, bei denen die Geschwindigkeit des Wassers am Ende ebenso grofs ist, wie am Anfange. Sonst ist das für Vergröfserung der Energie verbrauchte Gefälle vom gemessenen abzuziehen, oder das durch Verkleinerung derselben gewonnene zuzusetzen, um das für Reibung verbrauchte Gefälle zu erhalten. Siehe auch § 79.

§ 84.

Schwimmer. Will man durch Beobachtung die Geschwindigkeit des fliefsenden Wassers bestimmen, so besteht die einfachste Methode darin, dafs man durch einen schwimmenden Körper die Bewegung des Wassers sichtbar macht. Als Schwimmer benutzt man ein Stück weifses Holz, eine Glasflasche, die so weit mit Wasser gefüllt ist, dafs der weifse Stopfen nur so viel aus dem Wasser hervorragt, als zur Sichtbarkeit nötig ist, eine in entsprechender Weise beschwerte hohle Messingkugel u. dergl. m. Je weniger der Schwimmer aus dem Wasser hervorsteht, desto weniger wird seine Bewegung durch den Widerstand oder Strömungen der Luft beeinflufst.

Zur Beobachtung wählt man einen windstillen Tag, damit Wasseroberfläche und Schwimmer in ihren Bewegungen durch den Wind nicht gestört werden, und womöglich eine gerade Flufsstrecke, in der das Wasser sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt. Am Ufer wird eine Länge von etwa 50 bis 100 m durch je zwei Fluchtstäbe mit einer

Visierlinie senkrecht zur Flufsrichtung bezeichnet. Man setzt nun den Schwimmer so weit oberhalb der durch die beiden ersten Fluchtstäbe bestimmten Linie in das Wasser, dafs er beim Passieren derselben die Geschwindigkeit des Wassers angenommen hat. Mit einer Sekunden zeigenden Uhr stellt man nun die Zeiten fest, in denen die Linien der Fluchtstäbe passiert werden. Die Differenz ergibt die Zeit, welche der Schwimmer gebrauchte, um die abgesteckte Strecke zu durchlaufen. Die Strecke selbst, geteilt durch die beobachtete Zeit, liefert dann den Weg in der Zeiteinheit oder die gesuchte Geschwindigkeit des Wassers. War die Strecke z. B. 100 m lang und betrug die Zeit zum Durchlaufen derselben 250 Sekunden, so ist die gesuchte Geschwindigkeit gleich 100 : 250 = 0,4 m. Gewöhnlich wird auf diese Weise nur die Geschwindigkeit im *Stromstrich* bestimmt, d. i. diejenige Stelle der Oberfläche, welche die gröfste Geschwindigkeit zeigt. Macht man nämlich den Versuch an andern Stellen, so gelingt es selten, den Schwimmer während seiner ganzen Bewegung in gleicher Entfernung vom Ufer zu halten.

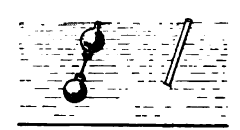


Fig. 165.

Verbindet man nach Fig. 165 mit einem Schwimmer einen andern von gleicher Gröfse und Gestalt durch einen feinen Draht und beobachtet die Bewegung dieses Systems wie beim einfachen Schwimmer, so erhält man eine Geschwindigkeit v_1, welche das Mittel ist aus der Geschwindigkeit v des Wassers an der Oberfläche und derjenigen x in der Tiefe des zweiten Schwimmers. Man hat also

$$v_1 = \frac{v + x}{2}, \text{ woraus } x = 2v_1 - v.$$

Durch Beobachtung von v und v_1 läfst sich also die Geschwindigkeit x in einer bestimmten Tiefe ermitteln. Cabeo gab dem Schwimmer die Gestalt eines Stabes, der dadurch, dafs er unten beschwert war, eine aufrechte Stellung behielt. Durch Beobachtung desselben wird die mittlere Geschwindigkeit in der vom Schwimmer durchlaufenen senkrechten Ebene erhalten.

§ 85.

Pitot'sche Röhre. Bringt man nach Pitot eine gebogene Glasröhre ABC (Fig. 166) so in fliefsendes Wasser, dafs BC genau gegen den Strom gerichtet ist und AB lotrecht steht, dann wird der Wasserspiegel in der Röhre um ein Stück h höher stehen, als derjenige, welcher die Röhre umgibt. h wird um so gröfser, je gröfser die Geschwindigkeit v des Wasserstromes ist. Mithin wird man aus der beobachteten Gröfse von h auf die Gröfse von v einen Schlufs ziehen können, wenn man weifs, wie diese beiden Gröfsen zusammenhängen. — Denkt man sich die Röhre

in ruhendes Wasser getaucht und ihr von oben her so viel Wasser zugeführt, dafs der Spiegel des Wassers in der Röhre um h über dem äufseren Spiegel steht und das Wasser durch eine sehr kleine Öffnung bei C abfliefst, dann ist die Ausflufsgeschwindigkeit, wenn von Widerständen abgesehen wird, nach § 53 gleich $\sqrt{2gh}$. Denkt man sich nun das Wasser gegen die Röhre in der Richtung CB fliefsend, so wird es dadurch ein Bestreben erhalten, in die Röhre einzutreten. Das Gleichgewicht tritt nun ein, wenn das Bestreben einzutreten ebenso grofs ist, als das Bestreben auszufliefsen. Daraus erhellt die Beziehung

$$v = \sqrt{2gh}.$$

Die Benutzung der Pitot'schen Röhre in strömendem Wasser, dessen Geschwindigkeit bekannt war, hat ergeben, dafs bei zweckmäfsiger Konstruktion der Unterschied zwischen Theorie und Wirklichkeit nur wenige Prozent beträgt. Für jede bestimmte Röhre wäre also durch Versuche,

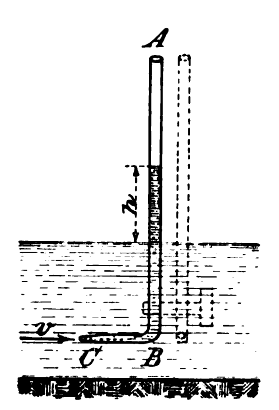


Fig. 166. Pitot'sche Röhre.



Fig. 167. Darcys Röhre.

ähnlich denen im nächsten Paragraphen, ein Wert x, der nahe gleich 1 ist, zu ermitteln, sodafs die wirkliche Geschwindigkeit

$$v = x\sqrt{2gh} \text{ oder einfacher, wenn } x\sqrt{2g} = k \text{ gesetzt wird, } v = k\sqrt{h}.$$

Für 1 m Geschwindigkeit ergibt sich, wenn $x = 1$ angenommen wird, $h = 51$ mm. Demnach würde man bei 0,1 m Geschwindigkeit den hundertsten Teil dieses Wertes erhalten oder 0,51 mm. Daraus ist ersichtlich, wie namentlich für kleine Geschwindigkeiten eine genaue Messung

des Niveauunterschiedes nötig erscheint. Da man nun bei der beschriebenen ursprünglichen Einrichtung *h* wegen der Nähe des Wasserspiegels nicht genau messen kann, so verbesserte Reichenbach die Röhre dadurch, dafs er, wie in der Figur punktiert, eine zweite Röhre mit einer *seitlichen* Öffnung anbrachte, in der sich der Wasserspiegel mit dem äufseren gleich einstellte. Während nun in dieser Weise die Röhre im Wasser stand, konnte man durch Drehung eines durch beide Röhren gehenden Hahnes das Wasser in den Röhren absperren, die Röhren aus dem Wasser nehmen und bequem ablesen. Ein weiterer Vorteil der Anwendung von zwei Röhren wird dadurch erzielt, dafs man beide Röhren von genau gleicher Weite nimmt. Denn in einer Röhre wird der Wasserspiegel immer durch die Haarröhrchenkraft etwas gehoben. Wenn diese Hebung aber in den beiden Röhren in gleicher Weise stattfindet, so entsteht dadurch kein Fehler, weil es nur auf die Differenz der Wasserstände ankommt.

Eine Röhre mit den Verbesserungen Darcys, wie sie für die Landwirtschaftliche Akademie Bonn-Poppelsdorf aus Paris bezogen wurde, zeigt Fig. 167 in etwa 1 : 4,5 natürl. Gröfse. Die Röhre findet ihren Halt an einem hohlen Eisenstab (Gasrohr), der mit einer Spitze in den Boden des Flufsbettes so weit eindringt, als eine unten befestigte Eisenscheibe gestattet. Die obere sehr feine Mündung *m* nimmt das Wasser auf. Ein längeres, enges, dunkel gezeichnetes Röhrchen bringt es dann bis an die Bohrung des Hahnes, die es weiter durch ein Gummistück dem Glasrohr *n* zuführt. Neben letzterem steht ein ebenso weites Glasrohr *o*, dem das Wasser in gleicher Weise von der nach unten gerichteten Öffnung *s* zugebracht wird. Die Zuführungsröhrchen sind absichtlich so eng gewählt, damit die Schwankungen des Wasserspiegels sich nicht bis in die Glasröhren fortpflanzen.

Hält man das Rohr so im fliefsenden Wasser, dafs die Röhre *m* gegen den Strom gerichtet ist, so steigt das Wasser in kurzer Zeit in der Glasröhre *n* zu einem Niveau auf, das um eine von der Geschwindigkeit des Wassers abhängige Gröfse höher liegt als der äufsere Wasserspiegel, bis zu dessen Höhe sich das Wasser in der Glasröhre *o* einstellt. Schliefst man jetzt durch einen Zug an der entsprechenden Schnur den Hahn *h*, so kann man das Instrument aus dem Wasser nehmen, um darauf den Unterschied der beiden Wassersäulen festzustellen. Nun besteht Darcys Verbesserung darin, dafs er die beiden Röhren oben verband, bei *e*, und hier einen durch den Hahn *z* verschliefsbaren Gummischlauch ansetzte, durch den man Luft absaugen kann. Tut man dies, so steigen die Wasserspiegel in den Glasröhren in eine zum Ablesen bequeme Höhe. Jetzt kann man in aller Ruhe, während das Instrument im Wasser steht, mit Hilfe der zwischenliegenden Skala mit Nonien ablesen, und es ist leicht ersichtlich, dafs die Differenz der Höhen, auf die es ankommt, sich

durch das Aufsaugen nicht ändert. — Die obere Verbindung der Röhren entspricht nicht mehr dem Pariser Modell, sondern ist nach des Verfassers eigener Idee so verändert, dafs man den ganzen Luftraum über den Wasserspiegeln mit einer Flüssigkeit füllen (und oben durch einen Pfropfen abschliefsen) kann, die leichter ist als Wasser, z. B. Petroleum. Dadurch erreicht man für geringe Geschwindigkeiten des Wassers, dafs die Höhenunterschiede der Wasserspiegel erheblich gröfser werden. Bei Anwendung von Petroleum werden sie etwa 10 mal so grofs, wie sonst. Sie werden in demselben Mafse gröfser, als das spezifische Gewicht der Hilfsflüssigkeit sich dem des Wassers nähert.

§ 86.

Der Woltmann'sche Flügel (Fig. 168, nach einer Ausführung von Amsler in Schaffhausen) gilt als ein besonders geeignetes Instrument zur Bestimmung der Geschwindigkeit des fliefsenden Wassers. Er besteht aus einer sehr leicht drehbar gelagerten Achse *a*, die zwei Flügel von schraubenförmiger Gestalt trägt, bei denen die Tangente an die äufsere Windung *c* unter einem Winkel von 45° gegen die Achse geneigt ist.

Der die Achse *a* tragende Bügel ist mit einem Hohlzylinder verbunden, welcher durch zwei Druckschrauben *e e* an einer hohlen eisernen Stange (Gasrohr) in beliebiger Höhe befestigt werden kann. Die eiserne Stange steckt man in die Sohle des Wasserlaufs so ein, dafs die Achse gegen die Strömung des Wassers gerichtet ist. Durch den Druck des Wassers werden dann die Flügel in Drehung versetzt, und die Anzahl der Umdrehungen, die sie in einer Minute machen, wird mit der Geschwindigkeit des Wassers gröfser. Wenn man also eine Einrichtung anbringt, die es ermöglicht, die Umdrehungen zu zählen, so würde damit der Flügel brauchbar werden, um die Geschwindigkeit des Wassers zu messen.

Auf der Achse befindet sich bei *s* ein Schraubengewinde, das in ein darunter liegendes Rädchen mit 100 dreieckigen Zähnen eingreifen kann, wenn der gabelförmige Hebel, dessen Drehpunkt bei *u* liegt und der die Achse des Zahnrades trägt, etwas gehoben wird. Auf der Achse des Zahnrades mit 100 Zähnen befindet sich ein zweites mit nur 10 Zähnen, das ein anderes, in demselben Hebel gelagertes Rädchen mit 100 Zähnen dreht. Geht die Achse des Flügelrades einmal herum, so geht das erste Zahnrad, wenn es zum Eingriff gebracht ist, um 1 Zahn weiter, was man an einem am Hebel befestigten Zeiger beobachten kann. 100 Flügeldrehungen drehen das erste Zahnrad einmal und das zweite um 0,1 seines Umfangs. Hat man nun beispielsweise die Zeiger der beiden Zahnräder auf die Zähne 0 eingestellt und beobachtet nach 5 Minuten, dafs der Zeiger

des letzten Rades zwischen 5 und 6 steht, der des ersten auf 24, so ist die Zahl der Umdrehungen 524, mithin in der Minute 524 : 5 = 104,8.

Es wäre jetzt noch zu zeigen, wie das Ein- und Ausrücken der Zahnräder erfolgt. Bei *v* sitzt, durch einen Stift gehalten, eine Spiralfeder, die dem Hebel stets das Bestreben gibt, sich nach oben zu bewegen. Verhindert wird die Bewegung durch ein Röllchen *w* am Ende des Hebels, das sich an einen sternförmigen drehbaren Messingkörper legt. Über diesem liegt ein zweiter Hebel, der durch Ziehen an der Öse *n* oder einer in

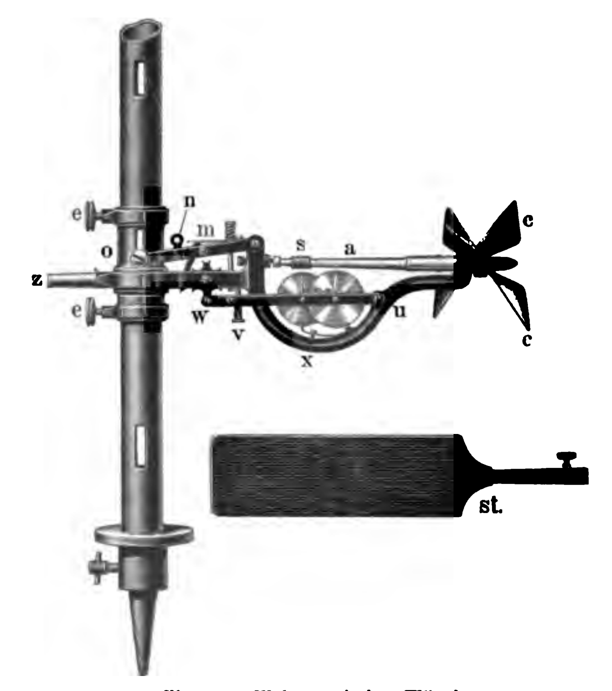


Fig. 168. Woltmann'scher Flügel.

derselben befestigten Schnur gehoben werden kann, worauf ihn der Druck einer in der Nähe seines Drehpunktes drückenden Spiralfeder zurückbringt. Wird der Hebel gehoben, so nimmt er bei *m* an ihm drehbar befestigte Sperrhaken mit, die den Stern um eine Teilung verstellen. Dann kann sich das Röllchen am Ende des die Zahnräder tragenden Hebels ein Stück aufwärts bewegen, bis das Eingreifen der Zahnräder in die Schraube erfolgt. Zieht man nun noch einmal an der Öse *n*, so ziehen die Sperrkegel den Stern wieder weiter in eine seiner ersten entsprechende Lage, das Röllchen *w* wird wieder heruntergedrückt, das Zahnrad kommt außer Berührung mit der Schraube *s* und eine Hakenfeder *x* faßt zwischen die Zähne

und verhindert die weitere Drehung. Die Schnur, durch welche der Ausrückhebel gezogen wird, ist in der Figur nicht an der Öse *n* gedacht, sondern, um seine Berührung mit dem strömenden Wasser zu vermeiden, durch den hohlen Eisenstab geführt und um einen Stift geschlungen, der sich im gegabelten Ende des Ausrückhebels befindet und durch schlitzförmige Öffnungen durch das Innere des Rohres geht.

Der Gang der Beobachtungen ist folgender. Man rückt den Eingriff aus und stellt die Zahnräder so, dafs die Zeiger auf Null zeigen. Nun bringt man den Flügel in gehöriger Richtung (§ 87 b) gegen das strömende Wasser, dessen Geschwindigkeit man bestimmen will. Nachdem der Flügel einige Minuten leer gelaufen und seine gröfste Geschwindigkeit erreicht hat, sieht man nach einer Sekunden zeigenden Uhr und rückt durch einen Zug an der Schnur ein, wenn der Sekundenzeiger über 60 geht; dann läfst man etwa 5 Minuten eingerückt, rückt durch einen zweiten Zug an der Schnur aus, nimmt den Flügel aus dem Wasser, liest die Zahl der Umdrehungen ab und berechnet deren Anzahl auf die Minute oder Sekunde.

Der Zusammenhang zwischen der Zahl der Flügeldrehungen und der Geschwindigkeit ist durch Beobachtung zu bestimmen. Dazu gibt es zwei Wege. Erstens kann man den Flügel in fliefsendes Wasser bringen, dessen Geschwindigkeit man auf andere Weise, z. B. durch Schwimmer, bestimmt hat. Zweitens kann man ruhendes Wasser benutzen, indem man den Flügel gegen das Wasser bewegt. Man verbindet dabei zwei Kähne durch eine Brücke aus Brettern. Vorn an dieser Brücke, zwischen den beiden Nachen, wird die Stange des Flügels so befestigt, dafs die Achse wagrecht im Wasser liegt, und dann der ganze Apparat durch ein Seil vom Ufer aus in der geraden Richtung der Achse mit gleichmäfsiger Geschwindigkeit vorwärts gezogen. Am Ufer werden in einiger Entfernung vom Ausgangspunkte zwei Fluchtstäbe aufgestellt, deren Verbindungslinie senkrecht zur Fahrrichtung steht. Etwa 50 bis 100 m weiter wird eine zu der ersten parallele Linie durch Stäbe in gleicher Weise bezeichnet. Läfst man nun die Nachen vom Ausgangspunkte ziehen, so setzt sich der Flügel gerade so in Bewegung, als ob das Wasser gegen ihn strömte. Sobald der Beobachter die Linie der ersten Fluchtstäbe passiert, rückt er das Zählwerk ein und sieht nach der Uhr. Beim Passieren der Linie der zweiten Fluchtstäbe wird das Zählwerk ausgerückt und wieder die Zeit notiert. Ist nun u die Anzahl der Flügeldrehungen, t die zwischen dem Passieren der beiden Marken verflossene Zeit und l ihre Entfernung, so war die Geschwindigkeit v der Bewegung $v = l : t$ und die Zahl n der Flügeldrehungen in der Zeiteinheit (Minute oder Sekunde) ist $n = u : t$. Nach der ersten und zweiten Methode sucht man möglichst viele zusammengehörige Werte der Wassergeschwindigkeit v und der Anzahl der Flügeldrehungen auf die Zeiteinheit zu ermitteln. Die zusammengehörigen Werte

von n und v trägt man sich (z. B. auf Millimeterpapier) als Abscissen und Ordinaten auf und legt durch deren Endpunkte eine stetige Linie. In der Regel wird diese als eine Gerade anzusprechen sein von der Gleichung

$$v = a + bn,$$

in der a und b zwei konstante Gröfsen sind, deren Werte man mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate möglichst genau aus den Beobachtungen ableiten kann, wenn man sich nicht mit der graphischen Darstellung, als einfacher und hinreichend genau, begnügen will. Die vorstehende Formel ist die einfachste und meistens ausreichend, doch haben verschiedene Beobachter für ihre Flügel besondere Formeln aufgestellt, die sich den Beobachtungen besser anschliefsen sollen. Amsler gibt für den Flügel der Fig. 168 die Formel, in der n sich auf die Sekunde bezieht:

$$v = 0{,}011 + 0{,}2239\,n;$$

hierin wird für $n = 0$ die Geschwindigkeit $v = 0{,}011$, d. h. derjenigen gleich, bei welcher Reibungswiderstände die Flügeldrehung verhindern.[1])

Anstatt den Flügel fest mit der Stange zu verbinden, kann man denselben auch auf einem unterhalb des Flügels an der Stange befestigten Ringe ruhen lassen. Es wird dann bei z das Steuerruder st (Fig. 168) am Flügel befestigt und die Schnur an der Öse n, auch der durch die Stange gehende Stift entfernt, sodafs der Flügel sich nach Art einer Windfahne in die Stromesrichtung einstellen kann. Bei tiefen Gewässern wird der Flügel durch ein Drahtseil getragen, das unten durch ein schweres Gewicht belastet wird. Dabei ist es zweckmäfsig, damit man den Flügel nicht immer aus dem Wasser zu nehmen braucht, ihn mit einer elektrischen Einrichtung zu versehen, die jedesmal ein Glockenzeichen gibt, wenn der Flügel 100 Umdrehungen gemacht hat. Es gibt noch eine ganze Reihe von Instrumenten für Geschwindigkeitsmessungen, die aber wenig gebraucht werden. Näheres darüber findet man in Rühlmanns Hydromechanik.

§ 87.

Bestimmung der Wassermenge aus Profilaufnahmen und Geschwindigkeitsmessungen.

a) *Profilmessungen* sind hinsichtlich ihrer Ausführung wesentlich von Breite, Tiefe und Strömungsgeschwindigkeit des Wassers abhängig. Bei Bächen ist man leicht in der Lage, eine vorhandene Brücke zu benutzen oder eine solche aus Balken und Brettern herzustellen. Die Brücke wird dann nach Fig. 169*a* durch Kreidestriche mit einer Einteilung (z. B. in ganze m) versehen und am Ufer ein Nivellierinstrument so aufgestellt, dafs sein Fernrohr das ganze Profil überblickt. An den bezeichneten Punkten läfst man die Nivellierlatten aufhalten und notiert jedesmal die Ablesung.

[1]) Die Technische Hochschule zu München hat Einrichtungen getroffen, Woltmann'sche Flügel gegen mäfsige Gebühr sehr sorgfältig zu untersuchen.

Danach kann man das Profil so auftragen, wie es die Figur zeigt, und aus den eingemessenen Punkten, deren gerade Verbindungslinien sich hinreichend genau an die wirkliche Gestaltung des Bettes anschliefsen müssen, und der Lage des Wasserspiegels ist der Inhalt F des Wasserprofils zu ermitteln. Die Messungen lassen sich auch ohne Nivellierinstrument mit einer geteilten Stange, die unten gewöhnlich mit einem Brettchen versehen ist, damit sie nicht in den Schlamm dringt, der *Peil-* oder *Sondierstange,* ausführen, indem man die Tiefen bis zum Wasserspiegel mifst.

b) *Die Geschwindigkeitsmessungen* werden sodann in den einzelnen Vertikalen (Fig. 169*a*) *1b*, *2c* u. s. w. in möglichst vielen Punkten ausgeführt, indem man jede in eine Anzahl, gewöhnlich gleicher, Teile geteilt denkt (z. B. dm). Macht man die Messungen etwa mit dem Woltmann'schen Flügel (§ 86), so hat man die Achse des Instruments genau horizontal und senkrecht zur Richtung des Profils an die bestimmten Punkte zu bringen. Es würde ein Fehler sein, den Flügel mit Steuerruder zu ge-

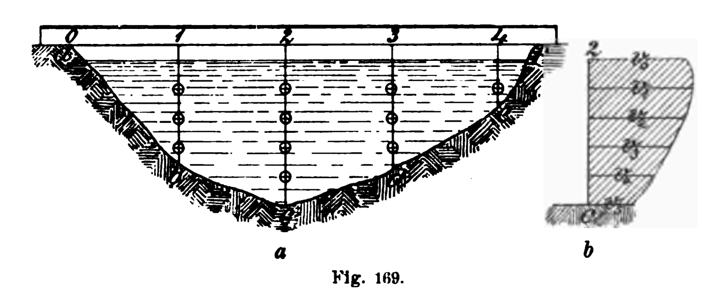


Fig. 169.

brauchen, denn dann würde an Stellen, wo die Strömung nicht genau senkrecht zum Profil ist, der Flügel sich dem entsprechend einstellen, und man statt der Geschwindigkeitskomponente senkrecht zum Profil, die man haben will, die Strömungsgeschwindigkeit an sich erhalten. Die beobachteten Geschwindigkeiten müssen stets durch doppelte Messung geprüft werden, weil sich leicht ein nicht sichtbares Fädchen oder dergl. im Wasser Schwimmendes an die Flügel hängt und die Resultate unbrauchbar macht. Auch eine sichere Marke zur Bezeichnung des veränderlichen Wasserspiegels darf man nicht vergessen und mufs danach den Stand bei jeder Messung notieren. Die in den einzelnen Vertikalen erhaltenen Resultate trägt man auf, wie Fig. 169*b* für die Vertikale *2c* zeigt, und verbindet die Endpunkte der Geschwindigkeiten durch eine stetige Linie. So erhält man in der schraffierten Figur einen Querschnitt desjenigen Wasserkörpers, der in einer Sekunde durch das gemessene Profil fliefst. Aus den einzelnen Profilen berechnet man den Inhalt dieses Wasserkörpers nach bekannten Methoden und hat damit die in einer Sekunde durch das Profil fliefsende Wassermenge. — Steht bei breiteren Gewässern zu den Messungen keine

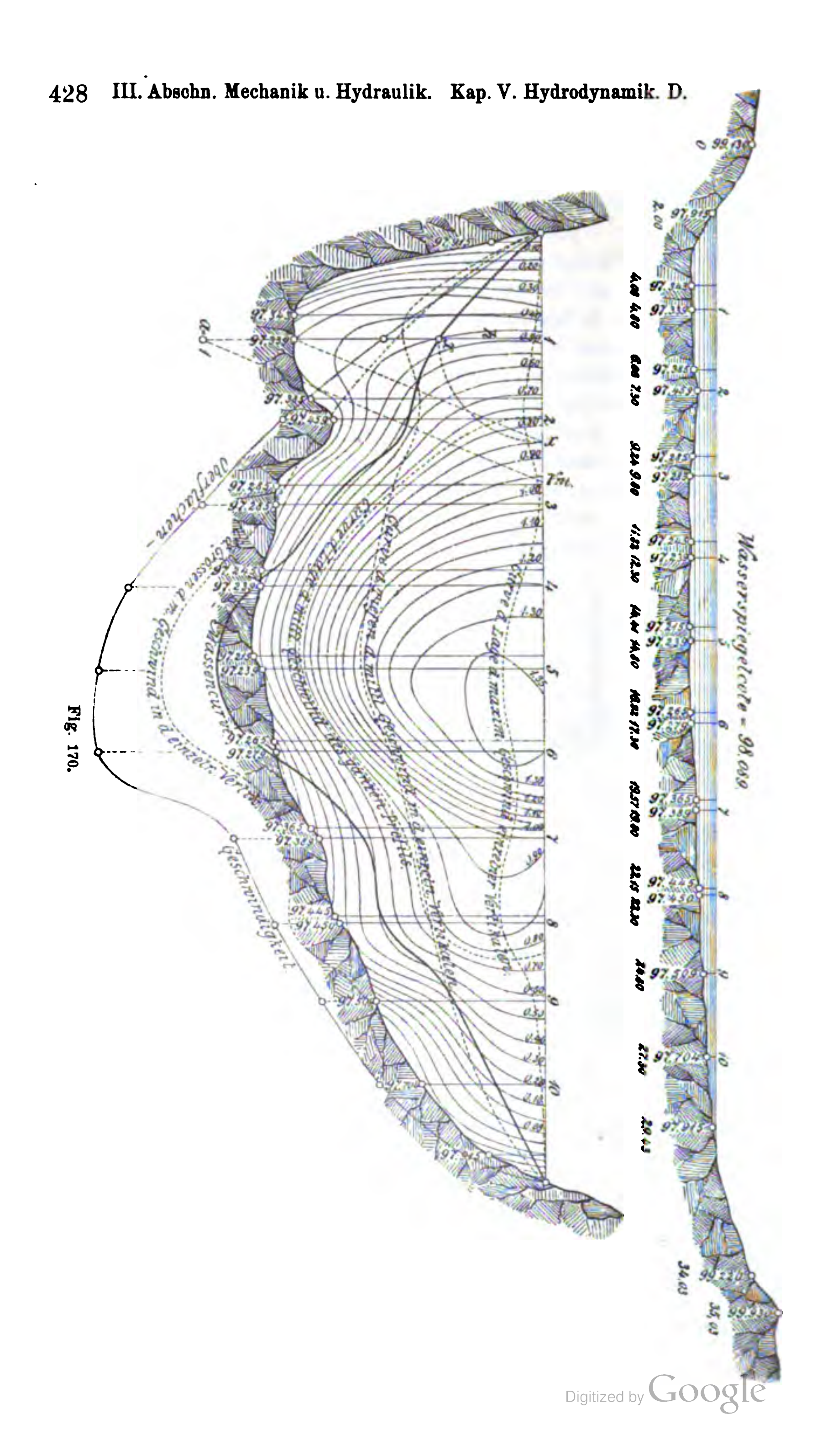


Fig. 170.

Brücke zur Verfügung, so ist ein Seil über den Flufs zu spannen, an dem durch rote Bändchen eine Einteilung für die einzelnen aufzunehmenden Profilpunkte gemacht ist. Die Messungen geschehen von zwei durch eine Brücke verbundenen Kähnen aus, die durch einen Anker gehalten werden. Bei noch gröfseren Verhältnissen fällt auch die Bezeichnung des Profils

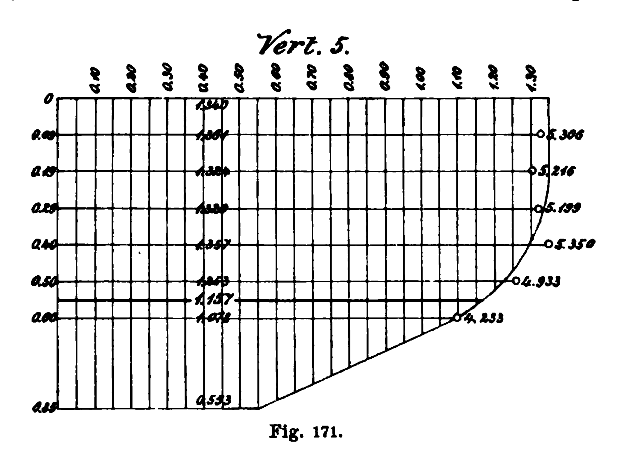


Fig. 171.

durch ein Seil fort, und die Stellen der Messungen werden vom Ufer aus durch Mefstisch oder Theodolit bestimmt.

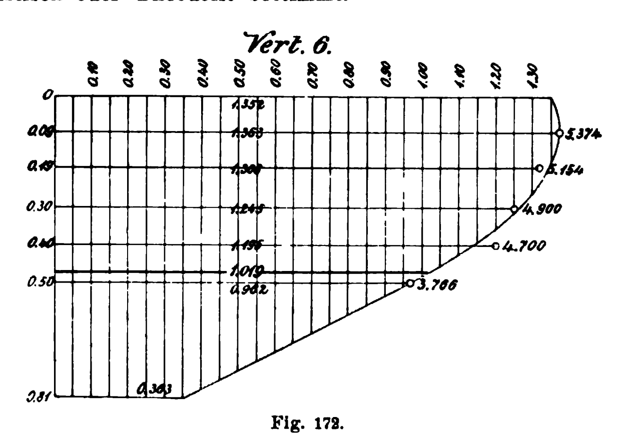


Fig. 172.

c) Die Messung der Geschwindigkeit des Wassers allein im Stromstrich durch einen Schwimmer wird auch oft zur schätzungsweisen Messung der Wassermenge benutzt, indem man nach Bazin annimmt, dafs das Verhältnis der mittleren Geschwindigkeit zu derjenigen im Stromstrich für verschiedene Werte des mittleren Radius R und die verschiedenen Rauhigkeitsklassen des § 75 durch die folgenden Zahlen gegeben ist.

R =	0,10	0,20	0,40	0,70	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00	6,00
I	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
II	0,80	0,82	0,83	0,83	0,83	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
IV	0,71	0,76	0,78	0,80	0,81	0,81	0,81	0,82	0,82	0,82
V_1	0,54	0,61	0,68	0,72	0,74	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80
VI	0,45	0,53	0,61	0,66	0,68	0,71	0,72	0,74	0,75	0,76

Ist also z. B. in einem Kanal aus Erde die Geschwindigkeit im Stromstrich zu 0,4 m gefunden, der Profilinhalt 2 qm und $R = 1{,}25$, so ergibt die Tabelle die mittlere Geschwindigkeit für Klasse V_1 zu $0{,}75 . 0{,}4 = 0{,}3$. Die geführte Wassermenge ist also $2 . 0{,}3 = 0{,}6$ cbm.

d) Einen vorzüglichen Überblick über die Resultate von Geschwindigkeitsmessungen gibt die Fig. 170 auf S. 428, welche der „Bewegung des Wassers in natürlichen Wasserläufen“ von W. Plenkner entnommen ist. Die obere Figur stellt das Flufsprofil in seiner wirklichen Gestalt dar, darunter steht dasselbe verzerrt durch den gröfseren Höhenmafsstab. In letzterem Profil sind alle Punkte verbunden, deren Geschwindigkeiten je 1,35, 1,30, 1,25 u. s. w. bis 0,05 m betragen, wodurch Kurven gleicher Geschwindigkeit entstehen. Ferner sind die Stellen der gröfsten Geschwindigkeiten in allen Vertikalen verbunden, woraus man sieht, dafs überall die gröfste Geschwindigkeit etwas unter dem Wasserspiegel liegt. Aufserdem geben die Verbindungslinien aller Punkte, die je der mittleren Geschwindigkeit in jeder Vertikalen und im ganzen Profil entsprechen, zu interessanten Vergleichen Veranlassung. Auch sind noch vom Wasserspiegel aus als Ordinaten aufgetragen und durch die entsprechend bezeichneten Kurven verbunden: die Gröfsen der Oberflächengeschwindigkeit an den betreffenden Stellen, sowie die der mittleren Geschwindigkeit in jeder Vertikalen. Sehr interessant sind auch die nach den Vertikalen 5 (Fig. 171) und 6 (Fig. 172) genommenen Querschnitte des sich in einer Sekunde durch das Profil bewegenden Wasserkörpers.

§ 88.

Schätzungen der Wassermengen aus der Gröfse des Gebietes, von dem das Wasser zufliefst, sind sehr unsicher. In Deutschland rechnet man auf das qkm Niederschlagsgebiet eines Wasserlaufes bei gröfstem Hochwasser in Gebirgen 400 bis 800, in bergiger Gegend 200 bis 500, im Hügelland 120 bis 250, in flacher Gegend 60 bis 140 Liter; doch wurden in Gebieten von 200 qkm (Pliesnitz) bei Wolkenbrüchen Abflufsmengen bis 6,7 cbm auf das qkm beobachtet. Das niedrigste Wasser ist im Gebirge nur etwa 1 : 300 bis 1 : 150 des Hochwassers, und das Verhältnis steigt, bis es im Flachlande etwa 1 : 30 erreicht. Michaelis fand für die Emscher in der Zeit von November bis April eine mittlere Abflufsmenge von 13,8 l und für April bis November 4,7 l auf das qkm.



Literatur zum III. Abschnitt.

Bazin, H., Experiences nouvelles sur l'écoulement en déversoir. Paris, Vve Dunod.

Breme, H., 182 Tafeln zur graphischen Berechnung der Wassermengen und zur Bestimmung der Profilabmessungen der Wasserläufe nach der Formel von Ganguillet und Kutter. Freiburg i. d. Schweiz 1889.

Duhamel, Lehrbuch der analytischen Mechanik. 2. Aufl. Leipzig 1861.

Grashof, F., Theoretische Maschinenlehre. I. Band: Hydraulik. Leipzig 1873.

Patt, G., Wiesenbaumeister, Tabellen zur Ermittelung der Wassergeschwindigkeiten und der Wassermengen etc. für regelmäfsige und unregelmäfsige Grabenprofile. Kassel 1902, Selbstverlag des Herausgebers.

Plenkner, W., Bewegung des Wassers in natürlichen Wasserläufen. Leipzig 1879.

Ritter, August, Lehrbuch der technischen Mechanik. 5. Aufl. Leipzig 1884.

Rühlmann, Dr. Moritz, Hydromechanik. 2. Aufl. Hannover 1880.

Schüngel, A., Tafeln zur graphischen Ermittlung der Wassergeschwindigkeit für trapezförmige Flufs- und Grabenprofile. Hannover 1900.

Weisbach, Ingenieur- und Maschinenmechanik. Braunschweig 1880.

Siehe auch Literatur zum IV. Abschnitt, Teil II, S. 213.

Sachregister.



Druck von Friedrich Stollberg in Merseburg.

